

Einführung

Vorwort	1.1
Polyurethan	1.3
Elastomer	1.4
APSOdrive® - vom Standardprodukt zur individuellen Lösung	1.5
Verschiedene Lösungen für unterschiedliche Anwendungen	1.6

Zahnriemenberechnungsrichtlinie nach dem TC-Calc Verfahren

Berechnung des Antriebs.	2.2
Formeln	2.3
Berechnungsbeispiel	2.4
Verlässlichkeit und Sicherheit	2.5

Zahnriemen-Berechnungsleitfaden für offene und endlos geschweisste Riemen

Verfahren zur Auswahl des Zahnriemens.	3.1
Formeln	3.2
Vorläufige Riemenauswahl	3.4
Reibwerte	3.5
Berechnungsbeispiel	3.6

Merkmale, Einbaurichtlinien, Toleranzen

Eigenschaften von Polyurethan-Zahnriemen	4.1
Der E Stahl-Zugträger	4.2

Vorspannung	4.3
Verfahren zur Berechnung	4.4
Folgen einer falschen Vorspannung	4.5
Allgemeine Informationen	4.6
Leitlinien für die Montage	4.7
Bordscheiben und Spannrollen	4.8
Richtlinien für den Zahnriemen	4.9
Zahnlückenspiel	4.9
Winkelförmige Antriebe	4.10
Tabelle der Toleranzen für BRECOFLEX®-Zahnriemen	4.11
Tabelle der Toleranzen für CONTI® SYNCHROFLEX Zahnriemen	4.12

Zahnriemenveredelung und -beschichtung

Einführung	5.1
Mechanische Bearbeitung	5.3
Beschreibung	5.5
Aufbringen von Nockenprofilen auf Riemen	5.6
Zahnriemenbeschichtungen	5.9
Reibungskoeffizienten	5.18

Hinweis: Der Inhalt dieses Dokumentes ist in keiner Weise verbindlich und kann ohne vorherige Ankündigung geändert werden. Angst+Pfister übernimmt keine Verantwortung für die Verwendung der darin enthaltenen Daten und Informationen.

Vorwort

Dieses Handbuch der Antriebstechnik von Angst+Pfister enthält eine Einführung in ein umfangreiches Sortiment an Zahnriemen, welche wir ab Lager führen. Auch Sonderanfertigungen und kundenspezifische Lösungen können schnell hergestellt und geliefert werden. Grundlagen zur Berechnung von Riemenantrieben und die Beschreibung von Beschichtungseigenschaften sind ebenfalls in diesem Handbuch enthalten.

Zugmitteltriebe

Traktionsantriebe (oder allgemein bekannt als Riemen- und Kettenantriebe) werden im Allgemeinen zur Übertragung von Kraft oder Bewegung eingesetzt. Ein Traktionsantrieb kann auch zum Bewegen oder Positionieren von Produkten verwendet werden, was gemeinhin als Transport- oder Lineartechnik bekannt ist. Je nach der Aufgabe, die eine Anwendung zu erfüllen hat, gibt es verschiedene Möglichkeiten, diese Aufgabe zu lösen. Man unterscheidet zwischen formschlüssigen Antrieben für Zahnriemen und Ketten und reibschlüssigen

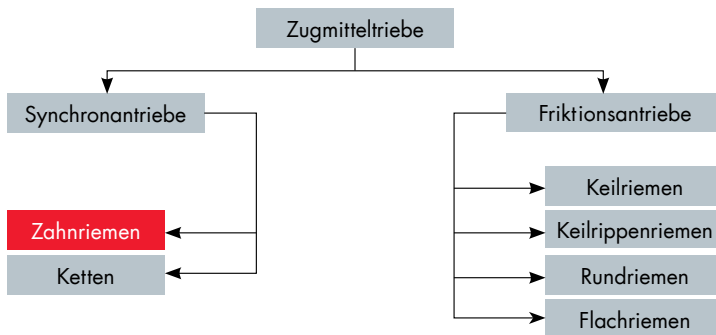
Antrieben für Keil-, Rund- und Flachriemen.

Antriebe mit positiver Traktion

Ein formschlüssiger Antrieb gewährleistet eine synchrone Kraftübertragung zwischen den Riemenscheiben, weshalb er auch als Synchronantrieb bezeichnet wird. Diese Art der Kraftübertragung gewinnt aufgrund der sehr hohen Leistungen und der beeindruckenden Lebensdauer immer mehr an Bedeutung.

Antriebe mit Reibschluss

Im Vergleich zu formschlüssigen Antrieben haben reibschlüssige Antriebe den Vorteil, dass sie einen vorübergehenden Schlupf aufgrund von Überlast tolerieren. Es liegt in der Natur dieser Antriebsart, dass höhere Vorspannkräfte aufgebracht werden müssen, um einen einwandfreien Betrieb zu gewährleisten. Daher müssen höhere Lagerbelastungen in Kauf genommen werden. Ausserdem unterliegen die Riemen einem kriechenden Dauerschlupf, so dass eine perfekte synchrone Übertragung nicht erreicht werden kann.



In diesem Handbuch sind viele der verfügbaren Riemen aus dem Angst+Pfister Antriebstechnik-Sortiment aufgeführt.

Weitere Informationen zu den Zusatzkomponenten erhalten Sie gerne bei Ihrem Angst+Pfister Aussendienstmitarbeiter vor Ort.

Elastomer oder Polyurethan?

Zahnriemen sind in verschiedenen Materialien erhältlich, die gängigsten sind jedoch Elastomere und Polyurethane. Elastomer wird als allgemeiner Begriff für Poly-Chloropren sowie für alle verwandten Elastomer-Mischungen verwendet. Das Gleiche gilt für Polyurethan, da es verschiedene Mischungen aus Polyether oder Polyester gibt, die sich für Giess- oder Extrusionsverfahren eignen. Die häufig verwendete Abkürzung TPU steht für thermoplastisches Polyurethan.

Bevor man sich für einen der beiden Werkstoffe, Elastomer oder Polyurethan, entscheidet, müssen Parameter wie Zweck, Anforderungen und Umweltbedingungen definiert werden. All diese Parameter wirken sich auch auf die Zugträger aus, welche aus Stahl, Glasfaser, Aramid oder Carbon Werkstoffen hergestellt werden können. Eine Lösung mit einem Elastomer-Riemen für reine Kraftübertragung ist in der Regel wirtschaftlicher. Dagegen ist ein Polyurethanriemen die bessere Lösung für Positionier- und Transportanwendungen.

Die Materialeigenschaften sind auf den nächsten beiden Seiten sowie in den Riemeneigenschaften aufgeführt..

Materialeigenschaften von Zahnriemen

Polyurethan

Generelle Eigenschaften

- Längenstabilität und geringe Dehnung durch Stahlseile
- beständig gegen Verformung und hohe Scherfestigkeit
- Zahn toleranzen für kundenspezifische Scheiben auf Anfrage
- selbstführende Lösungen mit Antriebsriemen sind verfügbar
- hohe Positionierungsgenauigkeit
- individuelle Lösungen sind verfügbar

Besondere Eigenschaften

- Verschiedene Zugträger verfügbar, z.B. für hohe Flexibilität oder für hohe Leistung, aus Edelstahl oder Aramid
- höchste Teilungsgenauigkeit
- Kundenspezifische Veredelungen wie Beschichtungen, Bearbeitungen oder Nocken (geschweisst, geklebt oder geschraubt)
- mehr als 35 spezielle Polyurethan-Mischungen verfügbar

Elastomer

Generelle Eigenschaften

- Gute Dämpfungseigenschaften
- geringe Seitenkräfte
- geringe Geräuschemission
- geringe Neigung zum Überspringen von Zähnen
- antistatische Versionen verfügbar
- exzellentes Preis-Leistungs-Verhältnis

Besondere Eigenschaften

- Hochleistungsmischungen
 - gute Ölbeständigkeit
 - hohe Temperaturbeständigkeit
- PA-Veredelung des Zahngewebes
- Veredelung mit Beschichtungen verfügbar

Polyurethan

Übersicht der generellen Eigenschaften

Eigenschaften	Details/zusätzliche Vorteile
Betriebstemperatur	<ul style="list-style-type: none"> -10°C bis +80°C
Stahl-Zugträger	<ul style="list-style-type: none"> präzise Übertragung von Bewegungen hohe Längenstabilität geringe Dehnung
Shore-Härte 88° bis 92° ShA	<ul style="list-style-type: none"> hoher Verformungswiderstand und hohe Scherfestigkeit hohe Abriebfestigkeit
Profile: T, AT, ATP, CTD, BAT, SFAT, Führungskeile, zöllige Profile, HTD, RPP, STD	<ul style="list-style-type: none"> verringertes Zahnspiel auf Anfrage selbstführende Zahnriemen sind verfügbar
Guss-, Spritzguss- oder Extrusionsfertigungsverfahren	<ul style="list-style-type: none"> sehr lange Endlosriemen verfügbar (bis ca. 30 m) endliche oder geschweisste Zahnriemen für Linearantriebe und Transportriemen verfügbar
Resistenzen	<ul style="list-style-type: none"> tropentauglich öl- und benzinbeständig ozonbeständig
Schweisbar mit Thermoplasten	<ul style="list-style-type: none"> schweisbar bis zu einer beliebigen Endloslänge schweisbar mit individuellen Nocken/Profilen
Sehr hohe Teilungsgenauigkeit	<ul style="list-style-type: none"> für exakte Positioniersysteme

Übersicht der besonderen Eigenschaften

Eigenschaften	Details/zusätzliche Vorteile
Betriebstemperatur	<ul style="list-style-type: none"> -30°C bis +110°C
Besonders biegewillige Zugträger	<ul style="list-style-type: none"> hohe Flexibilität verbesserte Biegewilligkeit
Zugträger mit speziellen Ver-seilkonstruktionen	<ul style="list-style-type: none"> höhere Steifigkeit höhere Lebensdauer bei (Gegen-)Biegungen S/Z-Verseilungen (GEN III, Brecoflex) hohe Teilungsgenauigkeit (Brecoflex) geringe Seitenlaufneigung
Polyamid beschichtete Zahn-seite PAZ	<ul style="list-style-type: none"> geringe Reibung geringe Geräuschemission
Polyamid beschichteter Riemen-rücken PAR	<ul style="list-style-type: none"> geringe Reibung speziell für Stauförderer
Aramid-Zugträger	<ul style="list-style-type: none"> nicht magnetisch höhere Dehnung als Stahl (schwingungsdämpfend)
Zugträger aus Edelstahl	<ul style="list-style-type: none"> korrosionsfrei geringe magnetische Permeabilität
Vielfältige Veredelungsmög-lichkeiten	<ul style="list-style-type: none"> Beschichtungen Aufschweiss-Profile hohe Vielseitigkeit durch Aufschraub-Profile (ATN): Kombination verschie-dener Materialien, einfacher Austausch von Profilen, Riemenschlösser Bearbeitung: Schleifen, Fräsen, Bohren/Stanzen, Wasserstrahlschneiden
Individuelle Farbgebung möglich	<ul style="list-style-type: none"> Standard: weiss, verschiedene Farben möglich
FDA-Konformität	<ul style="list-style-type: none"> speziell zertifizierte Polyurethanmischungen verfügbar

Elastomer-Zahnriemen

Übersicht der generellen Eigenschaften

Eigenschaften	Details/zusätzliche Vorteile
Betriebstemperatur	<ul style="list-style-type: none"> • -10°C bis +100°C
Zugträger aus Glasfaser oder Aramid	<ul style="list-style-type: none"> • hervorragende Dämpfung von Stössen • geringe Seitenlaufneigung
Shore-Härte 75° bis 88° ShA	<ul style="list-style-type: none"> • Leichtläufigkeit
Profile: HTD, RPP, STD, CTD, zöllige Profile	<ul style="list-style-type: none"> • erstklassige Verzahnungsleistung bei hochdynamischer Leistung • Leichtläufigkeit • geringe Neigung zum Zahn-Übersprung
Hergestellt in breiten Wickeln	<ul style="list-style-type: none"> • wirtschaftlich günstige Produktion
Resistenzen	<ul style="list-style-type: none"> • tropentauglich • bedingt ölbeständig
Hochfeste Nylonbeschichtung der Verzahnung	<ul style="list-style-type: none"> • hohe Abriebfestigkeit
Antistatisch	<ul style="list-style-type: none"> • Hochleistungs-Riemen gemäss ISO 9563
Zahnriemenscheiben	<ul style="list-style-type: none"> • grosse Auswahl an Standard-Scheiben mit Taper-Lock[®]-Buchse erhältlich

Übersicht der besonderen Eigenschaften

Eigenschaften	Details/zusätzliche Vorteile
Betriebstemperatur	<ul style="list-style-type: none"> • möglich bis zu max. +130°C
HNBR	<ul style="list-style-type: none"> • hohe Ölbeständigkeit
PA-veredelte Beschichtung der Zähne	<ul style="list-style-type: none"> • erhöhte Abriebfestigkeit für Hochleistungsantriebe
Geringere Geräuschemission	<ul style="list-style-type: none"> • optimierter Zahneingriff • stossdämpfendes Material: Gummimischungen und Zugträger
Beschichtungen	<ul style="list-style-type: none"> • vulkanisierte oder geklebte Ausführungen möglich • bearbeitete/gefräste Beschichtungen verfügbar

APSOdrive® - vom Standardprodukt zur individuellen Lösung

Die Auswahl der richtigen Materialien, Komponenten und Konfigurationen ist ein komplexer und zeitaufwändiger Prozess, aber entscheidend für den Erfolg eines Antriebssystems. Wir von Angst+Pfister sind Experten auf dem Gebiet der Antriebstechnik seit 1980. Von dieser Erfahrung können Sie als Kunde profitieren: APSOdrive® bietet Unterstützung für jeden einzelnen Kunden, um mit einer massgeschneiderten Lösung erfolgreich zu sein.

Ingenieurdienstleistungen: Kompetenz auf der ganzen Linie

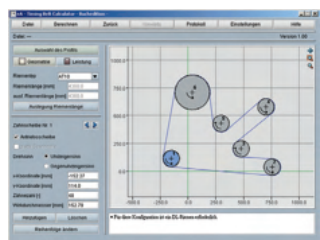
Unsere Ingenieure verfügen über umfangreiche internationale Erfahrung in der Optimierung von anspruchsvollen Riemenantrieben und können Sie daher unterstützen:

- technische Beratung für neue und bestehende Systeme
- die Bewertung der bestgeeigneten Lösung
- Berechnung und Auslegung von mechanischen Antriebssystemen
- zusätzliche Verwendung von Software zur Berechnung des Riemenantriebs
- kaufmännisch optimiertes Preis-Leistungs-Verhältnis
- schnelle Entwicklung und Lieferung von kundenspezifischen Lösungen und Prototypen

Wir setzen darauf, dass die Verwendung von Standardkomponenten in Kombination mit zunehmend kundenspezifischen Teilen zur bestmöglichen Antriebslösung führt.

Für eine detaillierte Berechnung Ihres kostenoptimierten Zahnriemenantriebs stehen Ihnen verschiedene Berechnungstools zur Verfügung. Unser technischer Support berät Sie gerne und gibt Ihnen eine Empfehlung für die Konfiguration und den Riementyp, der zu Ihren Anforderungen

Zögern Sie nicht, das Know-how unserer Ingenieure in Anspruch zu nehmen und auch von weiteren anwendungsbezogenen Dienstleistungen zu profitieren. Auf Wunsch organisieren wir auch Workshops und Seminare für Ihr Ingenieur- und Konstruktionsteam.



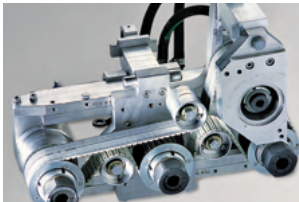
Verschiedene Lösungen für unterschiedliche Anwendungen

Ob Linear-, Transport- oder Leistungsantrieb: Wir bemühen uns, die geeignetste und effizienteste Lösung zu finden, um Ihre spezifischen Anforderungen zu erfüllen.

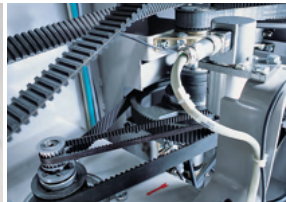
Kraftübertragung



Zeitungsdruckmaschinen

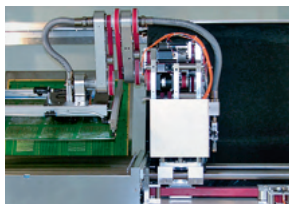


Dreifach-Spindel-Bohrsystem



Taschenfedermaschine

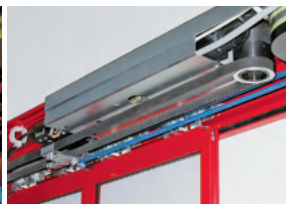
Lineare Antriebe



Leiterplattentransport-Systeme



Hochregallogistiksysteme

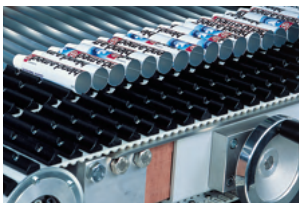


Automatisches Türsysteme

Transportlösungen



Transportvorrichtung für Reagenzgläser



Verpackungsmaschine für Tuben



Fördereinrichtung für Blisterpackungen

Das Berechnungsverfahren "Teeth & Cord" (TC) basiert auf der Tatsache, dass nur eine begrenzte/definierte Anzahl von Zähnen zwischen der Scheibe und dem Riemen gleichzeitig im Eingriff sein kann. Daher ist die übertragbare Kraft/Leistung begrenzt und kann berechnet werden (Berechnung der Zahnfestigkeit). Um diese Kraft auf eine angetriebene Scheibe übertragen zu können, muss der Zahnriemen ausreichende Festigkeitseigenschaften aufweisen und wird mit Zugsträngen definierter Zugfestigkeit ausgerüstet (Berechnung der Zugfestigkeit der Zugträger). Eine weitere Komponente, die bei diesem Verfahren zu berücksichtigen ist, ist die Biegewilligkeit des Riemens. Diese gibt einen wichtigen Hinweis auf den kleinsten empfohlenen Scheibendurchmesser (bzw. Riemenspanner), welcher im Zahnriementrieb eingesetzt werden kann.

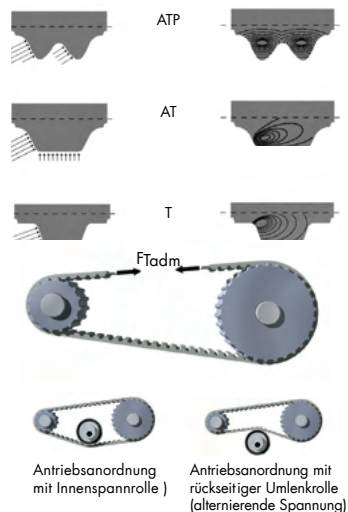
Scherfestigkeit der Verzahnung

Die Form und das Material der Verzahnung sind die beiden Elemente, die die höchste Kraft definieren, die zwischen der Riemenscheibe und dem Riemen übertragen werden kann. Die spezifische Zahnscherfestigkeit in Abhängigkeit von der Geschwindigkeit oder Drehzahl ist die maximale Leistung, die ein Zahn im Dauerbetrieb aufnehmen kann. Ein Zahnriementrieb ist dann richtig ausgelegt, wenn die übertragbare Leistung die spezifische Scherfestigkeit aller Zähne im Eingriff nicht überschreitet. Ein zusätzlicher Sicherheitsfaktor ist in der Regel nicht erforderlich, wird aber oft berücksichtigt.

Im Zuge der kontinuierlichen Weiterentwicklung von Zahnformen und -materialien wurde die Scherfestigkeit der Zähne immer weiter verbessert. Zum Beispiel ist ein AT-Profil größer als ein T-Profil und hat dadurch eine bessere Verteilung der auftretenden Kräfte. Außerdem überträgt ein ATP-Profil mehr Kraft als ein AT-Profil. Dies liegt an der optimierten Verteilung der Übertragungskräfte auf zwei Flächen, was zu einer höheren Belastbarkeit führt.

Zugfestigkeit von Zugträgern

Die Umfangskraft wirkt proportional zur



Dehnung des Lasttrums; einem übermäßigen Durchhängen des Lostrums wird mit entsprechenden Vorspannungswerten entgegengewirkt. Die Zugfestigkeit der Seilkonstruktionen ist die maximal zulässige Zugbeanspruchung eines Riemens unter Berücksichtigung entsprechender Sicherheitsfaktoren. Die zulässigen Werte für die maximale Dauerzugfestigkeit F_{tadm} sind in Tabellen für verschiedene Zahnriemen aufgeführt.

Flexibilität

Je nach Riemenmodell muss die Mindestanzahl der Zähne oder der Durchmesser der Riemenscheibe der Spezifikation des Riemens entsprechen, um einen einwandfreien Betrieb zu gewährleisten.

Besondere Aufmerksamkeit ist bei Anwendungen mit Gegenbiegung erforderlich, d. h. der Riemen wird in beide Richtungen gebogen, da die Riemenscheiben oder Umlenkrollen auf der Rückseite des Riemens laufen. Die Zugträger sind dann unterschiedlichen Belastungszuständen ausgesetzt (von pulsierend bis alternierend). Für solche Anordnungen sind Riemenscheiben oder Rollen mit einem größeren Mindestdurchmesser oder einer höheren Zähnezahl erforderlich als bei einer Anordnung ohne Rückbiegung.

Berechnung des Antriebs

Schritt 1 - Bewertung des Zahnriementyps
 Bei der Auswahl des richtigen Riemens für einen Antrieb müssen sowohl der Einsatzbereich als auch die Leistung, die Drehzahl und die Geschwindigkeit berücksichtigt werden. Die kleinste Riemenscheibe im gesamten Antrieb erfordert besondere Aufmerksamkeit. Der Mindestdurchmesser oder die Mindestzähnezahl z_{1min} haben einen erheblichen Einfluss auf den Riementyp, insbesondere bei schmalen Antrieben.

P [kW]	v_{max} [m/s]	n [min ⁻¹]	Anwendungsbereich	Z_{1min}^*	Profil
≤5	80	≤10000	Büromaschinen, DIY-Elektrowerkzeuge, Steuerungstechnik	10	T5 – XL
≤5	80	≤20000	Kleinantriebe, Handhabungstechnik	15	AT3
≤15	80	≤10000	Werkzeugmaschinen, Pumpen, Textilmaschinen	15	AT5
≤30	60	≤10000	Haupt- und Hilfsantriebe, Werkzeugmaschinen, Textil- und Druckmaschinen	12	T10 – L – H
≤70	60	≤10000	Pumpen, Kompressoren, Tragrollenantriebe, Bau-, Papier- und Textilmaschinen	15	AT10 – SFAT10 – BAT10 – BATK10
≤100	60	≤10000	Schleifmaschinen, Hochleistungsantriebe, Werkzeugmaschinen	15	ATP10
≤100	40	≤6500	Schwere Baumaschinen, Pumpen, Papier- und Textilmaschinen	15	T20 – XH
≤135	48	≤8000	Baumaschinen, Pumpen, Kompressoren, Papiermaschinen	20	SFAT15
≤140	48	≤8000	Hochleistungsantriebe, Druck- und Schleifmaschinen	20	BAT15 – BATK15
≤160	48	≤8000	Hochleistungsantriebe, Papiermaschinen, Hochregallager, Hebezeuge	25	ATS15
≤200	50	≤10000	Hochleistungsantriebe, Werkzeugmaschinen	20	ATP15
>200	40	≤6500	Schwerlastantriebe, Textil- und Druckmaschinen, Werkzeugmaschinen	18	AT20 – SFAT20

Tabelle 1: Spezielle Zahnriemenkonstruktionen ermöglichen die Erhöhung der Parameter Drehzahl und Umfangsgeschwindigkeit.
 *Gilt nur für Standard-Zugträger ohne "Rückbiegungen" und ohne Beschichtung.

Schritt 2 - Drehmoment
 Das Drehmoment wird aus der verfügbaren Leistung berechnet. Bei Antrieben, die häufig starten und stoppen, empfiehlt es sich, das Anlaufmoment für die Berechnung zu verwenden. Die Anlaufmomente für Motoren sind in der Regel < 2,5fach höher als das Nennmoment.

$$M_{[Nm]} = \frac{9550 \cdot P_{[kW]}}{n_{1[min^{-1}]}}$$

Schritt 3 - Umfangskraft
 Mit dem bekannten Drehmoment M [Nm] und dem Teilkreisdurchmesser der Antriebsscheibe d_{01} , kann die Umfangskraft F_u berechnet werden. Dieser Kraft muss mit einer korrekten Vorspannkraft entgegengewirkt werden, um einen durchhängenden Lostrum zu vermeiden.

$$F_{u[N]} = \frac{2000 \cdot M_{[Nm]}}{d_{01[mm]}}$$

Schritt 4 - Bestimmung der Riemenbreite
 Die Breite des Riemens hängt von der spezifischen Zahnfußfestigkeit F_{Tspec} ab, welche auch mit der Drehzahl zusammenhängt. Die Anzahl der Zähne im Eingriff z_e hängt von der Konstruktion des Antriebs ab, für Berechnungszwecke können jedoch maximal 12 Zähne als im Eingriff befindlich angesehen werden. Ausgenommen von dieser Regel sind einige Hochleistungsriemen, die 16 Zähne im Eingriff aufweisen können (z_e ist ebenfalls im technischen Teil aufgeführt). Die berechnete Breite wird in der Regel auf den höheren Wert der verfügbaren Standardriemenbreiten aufgerundet.

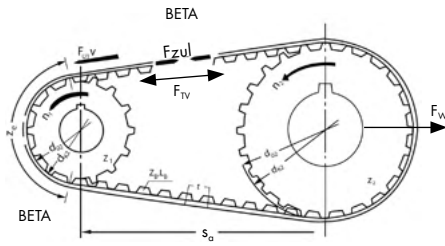
$$b_{[mm]} = \frac{10 \cdot F_{u[N]}}{z_e \cdot F_{Tspec [N/cm]}}$$

Schritt 5 - Bestimmung der Riemenlänge
 Die Länge eines Zahnriemens kann nur ein Vielfaches der gewählten Teilung sein. Die Teilkreisdurchmesser d_{01} und d_{02} der beiden Scheiben sowie der Achsabstand s_a müssen berücksichtigt werden. Die errechnete Länge L_a wird auf die nächstgrößere verfügbare Standardriemenlänge aufgerundet.

$$L_{B[mm]} \approx \frac{\pi}{2} \cdot (d_{02} - d_{01}) + 2 \cdot s_a + \frac{(d_{02} - d_{01})^2}{4 \cdot s_a}$$

Durch diese Schritte wird der Riemen nach seiner Zahnscherfestigkeit ausgewählt.
Eine weitere Überprüfung ist nun erforderlich für die
 – Zugfestigkeit der Zugträger
 – Flexibilität/Biegewilligkeit
 – Sicherheitsfaktoren
 Siehe die folgenden Kapitel.

Liste der Formeln



Bestimmung der Vorspannkraft

Abhängig von der Auslegung, der Anzahl der Zähne im Eingriff sowie der Umfangskraft kann nun die erforderliche Vorspannkraft in jedem Riemenzentrum berechnet werden. Verwenden Sie die in der Tabelle angegebenen Faktoren, um die entsprechenden Werte für die statische Trumkraft zu wählen.

Konfiguration	Anzahl der Zähne	Vorspannkraft pro Riemenzentrum
Zwei Wellenantrieb	$z_g < 60$	$F_{TV} = 1/3 \cdot F_U$
	$60 \leq z_g \leq 150$	$F_{TV} = 1/2 \cdot F_U$
Mehrwellenantrieb	$z_g > 150$	$F_{TV} = 2/3 \cdot F_U$
	$l_{\text{lasttrum}} \leq l_{\text{leertrum}}$	$F_{TV} = F_U$
Linearer Antrieb	$l_{\text{lasttrum}} \leq l_{\text{leertrum}}$	$F_{TV} > F_U$
	alle	$F_{TV} \geq F_U$

Tabelle 2

Definition der Begriffe

Umfangskraft	F_U	[N]
Spezifische Zahnkraft	F_{Tspec}	[N/cm]
Zulässige Zugbelastung	F_{zul}	[N]
Vorspannkraft pro Riemenzentrum	F_{TV}	[N]
Statische Lagerbelastung	F_W	[N]
Drehmoment	M	[Nm]
Beschleunigungsmoment	M_B	[Nm]
Leistung	P	[kW]
Massenträgheitsmoment	J	[kgm ²]
Dichte	ρ	[kg/dm ³]
Geschwindigkeit	v	[m/s]
Drehzahl	n	[min ⁻¹]
Winkelgeschwindigkeit	ω	[s ⁻¹]
Achsabstand	s_o	[mm]
Länge des Riemens	L_B	[mm]
Breite des Riemens	b	[mm]
Breite der Riemenscheibe	B	[mm]
Durchmesser der Riemenscheibenbohrung	d	[mm]
Wirkreisdurchmesser	d_0	[mm]
Kopfkreisdurchmesser	d_k	[mm]
Trumlänge	l_T	[mm]
Teilung	t	[mm]
Umschlingungswinkel	β	[°]
Beschleunigungszeit	t_B	[s]
Anzahl der Riemenzähne	z_g	
Anzahl der Zähne im Eingriff, wenn $i = 1$	z	
Anzahl der Zähne im Eingriff	z_e	
Zähnezahl der kleinen Riemenscheibe	z_1	
Zähnezahl der grossen Riemenscheibe	z_2	
Übersetzung	i	

Grundformeln für die Riemenkonfiguration

Breite	$b = \frac{10 \cdot F_U}{z_e \cdot F_{Tspec}}$	Scherfestigkeit der Zähne Die Riemenbreite wird anhand der spezifischen Zahnscherfestigkeit berechnet.
Zugfestigkeit der Zugträger	$F_{Tadm} \geq \frac{F_U}{2} + F_{TV}$	Zugfestigkeit der Zugträger Bei einer zu hohen Trumkraft muss die Breite des Riemens erhöht werden.

Grundformeln für die Riemenkonfiguration

Umfangskraft	$F_U = \frac{2 \cdot 10^3 \cdot M}{d_0}$	$F_U = \frac{19.1 \cdot 10^6 \cdot P}{n \cdot d_0}$	$F_U = \frac{10^3 \cdot P}{v}$
Drehmoment	$M = \frac{d_0 \cdot F_U}{2 \cdot 10^3}$	$M = \frac{9.55 \cdot 10^3 \cdot P}{n}$	$M = \frac{d_0 \cdot P}{2 \cdot v}$
Leistung	$P = \frac{M \cdot n}{9.55 \cdot 10^3}$	$P = \frac{F_U \cdot d_0 \cdot n}{19.1 \cdot 10^6}$	$P = \frac{F_U \cdot v}{10^3}$
Riemenlänge	$L_B = 2 \cdot s_o + \pi \cdot d_0$	$L_{B(mm)} \cong \frac{\pi}{2} \cdot (d_{02} + d_{01}) + 2 \cdot s_o + \frac{(d_{02} - d_{01})^2}{4 \cdot s_o}$	
Teilkreisdurchmesser	$d_0 = \frac{z \cdot t}{\pi}$	Winkelgeschwindigkeit	$\omega = \frac{\pi \cdot n}{30}$
Drehzahl	$n = \frac{19.1 \cdot 10^3 \cdot v}{d_0}$	Umfangsgeschwindigkeit	$v = \frac{d_0 \cdot n}{19.1 \cdot 10^3}$
Beschleunigungsmoment	$M_B = \frac{J \cdot \Delta n}{9.55 \cdot t_B}$	Massenträgheitsmoment	$J = 98.2 \cdot 10^{-15} \cdot B \cdot \rho \cdot (d_k^4 - d^4)$
Statische Lagerbelastung	$F_W = 2 \cdot F_{TV} \cdot \sin \frac{\beta}{2}$	Übersetzung	$i = \frac{n_1}{n_2} = \frac{z_2}{z_1}$

Berechnungsbeispiel

Umfang

Definieren Sie einen Zahnriemen für einen Tragrollentisch, der für schwere Transportaufgaben eingesetzt wird. Das Anlaufmoment des Motors ist 2,5fach höher als das Nennbetriebsmoment.

Die Betriebsbedingungen sind:

Gegebene Werte	Leistung	P	=	10 kW
	Rotationsgeschwindigkeit	n	=	800 rpm
	Anfahrdrehmoment.	M	=	2,5-faches Nenn Drehmoment
	Übersetzung/ Ratio	i	=	1
	Anzahl der Scheibenzähne	z ₁	=	z ₂ = 25
	Teilkreisdurchmesser	d ₀₁	=	d ₀₂ = 79.58 mm
	Achsabstand	s _a	=	625 mm
Gesucht	Ein geeigneter Zahnriemen, sowie dessen Teilung und Breite.			

Lösung

Schritt 1 Anhand der gegebenen Werte und Betriebsbedingungen wird ein AT10 Riemen aus Tabelle 1 Seite 2.2 ausgewählt.

Schritt 2 – Drehmoment

$$M_{\text{Nom}} = \frac{9550 \cdot P}{n_1} = \frac{9550 \cdot 10 \text{ kW}}{800 \text{ rpm}} = 119 \text{ Nm}$$

Aufgrund der Start- und Stoppfunktion soll ein Anlaufmomentfaktor von 2,5 in die Berechnung einbezogen werden.

$$M = 2.5 \cdot M_{\text{Nom}} = 298 \text{ Nm}$$

Schritt 3 – Umfangskraft

$$F_U = \frac{2000 \cdot M}{d_{01}} = \frac{2000 \cdot 298 \text{ Nm}}{79.58 \text{ mm}} = 7489 \text{ N}$$

Schritt 4 – Bestimmung der Riemenbreite bei Anlaufmoment und Null-Drehzahl (F_{Tspec} aus AT10-Datentabelle)

$$b = \frac{10 \cdot F_U}{z_a \cdot F_{\text{Tspec}}} = \frac{10 \cdot 7489 \text{ N}}{12 \cdot 73.5} = 85 \text{ mm}$$

Der nächstbreitere Standardriemen wird gewählt $b = 100 \text{ mm}$

Schritt 5 – Bestimmung der Riemenlänge

$$L_b = 2 \cdot s_a + \pi \cdot d_{01} = 2 \times 625 + \pi \cdot 79.58 = 1500 \text{ mm}$$

Schritt 6 – Bestimmung der Vorspannkraft

$$F_{\text{TV}} = \frac{F_U}{2} = \frac{7489 \text{ N}}{2} = 3745 \text{ N}$$

Nach Tabelle 2 auf Seite 2.3 für einen Zweiwellenantrieb und 150 Riemenzähne.

Schritt 7 – Überprüfung der Zugfestigkeit der Zugstränge (Seile); F_{Tadm} aus dem relevanten AT-Datenblatt

$$F_{\text{Tadm}} \geq \frac{F_U}{2} + F_{\text{TV}}$$

$$F_{\text{Tadm}} \geq \frac{7489 \text{ N}}{2} + 3745 \text{ N} \Rightarrow 16000 \geq 7489 \text{ N} \\ \Rightarrow \text{richtig mit ausreichendem Sicherheitsfaktor für die Zugträger}$$

Schritt 8 – Biegewilligkeit/Flexibilität überprüfen

Die Antriebsanordnung verwendet keine Umlenkrolle oder Spanrolle auf ihrer Rückseite. Auf die Zugträger wird nur eine wechselnde Spannung ausgeübt. Auch die Mindestanzahl der Zähne entspricht dem Wert in der AT10-Datentabelle in Kapitel 3.7.

Ergebnis

Der Antrieb ist mit einem 100 mm breiten Riemen korrekt dimensioniert. Der Antrieb sollte wartungsfrei laufen.

Bestellbezeichnung:

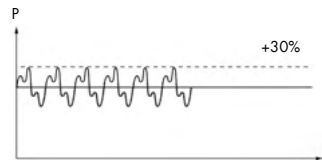
Endloser PU-Zahnriemen 100 AT10/1500 (Flex)

Verlässlichkeit und Sicherheit

Bei der Auswahl ist es wichtig, den ungünstigsten eintretenden Fall in Betracht zu ziehen. Aus diesem Grund müssen die Werte für diese Bedingungen verwendet werden. Wenn die Werte für die Scherfestigkeit der Zähne, die Zugfestigkeit der Zugträger und die Biegeewilligkeit nicht überschritten werden, wird der Antrieb wartungsfrei laufen.

Zu berücksichtigende Bemerkungen

- Verwenden Sie nicht die Nennwerte für den laufenden dynamischen Betrieb. V. a. die Anlaufbedingungen sollten berücksichtigt werden. Zum Beispiel kann ein Drehstrom-Motor ohne Frequenzumrichter ein 2 bis 2,5 mal höheres Drehmoment als bei seiner Betriebsdrehzahl erzeugen - selbst bei $n = 1$ U/min.
- Eventuell müssen auf der Antriebsseite Trägheitsmomente sowie Reibwerte von Schlitten und Führungen berücksichtigt werden, auch bei $n = 1$ U/min.
- Beim Bremsen können höhere Spitzendrehmomente am Antrieb auftreten als beim Anfahren. Dabei ist zu beachten, dass das Drehmoment in diesem Fall in die entgegengesetzte Richtung wirkt als in der Startphase.
- Die Beschleunigung oder Verzögerung von Trägheitsmassen wie Schwungrädern kann erhebliche Auswirkungen auf den Antrieb haben.
- Der Antrieb kann auch zusätzlichen Vibrationen und Stößen ausgesetzt sein, die bei der Berechnung nicht berücksichtigt wurden. Die Beispielgrafik auf der rechten Seite zeigt einen Zustand, bei dem eine überlagerte Frequenz um $\pm 30\%$ um die Nennleistung des Antriebs schwankt. Daher muss die Breite des Riemens um den Faktor 1,3 erhöht werden.



Geschwindigkeit

Wenden Sie die folgenden Sicherheitsfaktoren für ein Geschwindigkeitssteigerungsverhältnis an:

Berücksichtigen Sie bei einer Bremsung, dass ein Rückwärtsdrehmoment auftritt und das Übersetzungsverhältnis in ein Getriebe mit reduzierter Geschwindigkeit wechselt.

$i = 0.66$ to 1.00	$S = 1.1$
$i = 0.40$ to 0.66	$S = 1.2$
$i = 0.46$	$S = 1.3$

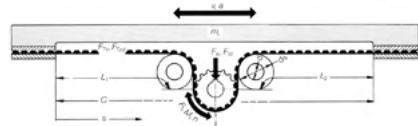
Verfahren zur Auswahl des Zahnriemens

Das Berechnungsverfahren LT-Calc stellt im Wesentlichen auf die zu bewegende Masse und die damit verbundene Beschleunigung ab. Wie beim Verfahren TC-Calc müssen auch hier die Zahnscherfestigkeit, die Zugfestigkeit der Zugträger und die Flexibilität des Riemens berücksichtigt werden. Die Belastung im Antrieb wird nicht nur durch die treibende oder getriebene Scheibe verursacht, sondern auch durch die Kräfte, die beim Transport der beteiligten Massen auftreten.

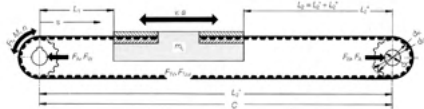
Ausserdem sollen zusätzliche Analysen durchgeführt werden, die sich von denen eines einfachen Kraftantriebs unterscheiden. Eigenschaften wie etwa die Positioniergenauigkeit und eventuelle Vibrationen müssen bewertet werden.

Die Gesamtbelastung eines Linear- oder Transportantriebs besteht aus drei wesentlichen Komponenten, die bei der Berechnung der maximalen Kraft auf den Riemen berücksichtigt werden müssen:

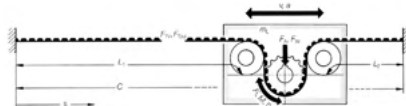
- **Beschleunigungskraft F_B**
Dies ist die Kraft, die erforderlich ist, um alle beteiligten Massen in Bewegung zu setzen (hauptsächlich die zu bewegende Masse, aber auch Umlenkrollen, Riemen usw., wenn deren Masse signifikant ist).
- **Hubkraft F_H**
Dies ist die erforderliche Kraft, wenn die Bewegung gegen die Schwerkraft ausgeführt wird. Für horizontale Bewegungen ist $F_H = 0$.
- **Reibkraft F_R**
Insbesondere bei Transportantrieben, bei denen der Riemen auf einer Führungsschiene läuft, können hohe Reibungskräfte auftreten.



Lineartisch mit Omega-Antrieb



Linearschlitten



Linearer Laufwagen

Design-Ausführung

Alle in den Antrieb eingreifenden Baugruppen sollten so leicht wie möglich sein und die Reibung sollte so gering wie möglich gehalten werden. Die umgebende Struktur muss steif sein. Häufig werden offene AT- und ATL-Zahnriemen verwendet, die mit Hilfe von Klemmplatten auf den Linearschlitten befestigt werden. AT- und ATL-Zahnriemen ermöglichen eine Rotations-Linear-Umsetzung der Bewegung mit dauerhafter Genauigkeit. Die hohe Teilungsgenauigkeit zwischen Zahnriemen und Riemenscheibe führt zu einer gleichmässigen Lastverteilung auf den Zahnflanken der Antriebsscheibe im Reversierbetrieb. Dadurch können hohe Leistungen und Genauigkeiten erreicht werden. Die Materialkombination zwischen Riemen und Riemenscheibe ist hervorragend für bidirektionale Antriebe geeignet. Der Verfahrensweg pro Umdrehung der Antriebsscheibe hängt von der Teilung und der Anzahl der Zähne der Scheibe(n) ab. Es gibt drei gängige Konstruktionsausführungen für Linearantriebe.

Zahnriemen-Berechnungsl Leitfaden für offene und endlos geschweisste Riemen 3.2

Liste der Formeln

Verwendete Symbole		
Achsabstand	s_a	[mm]
Riemenlänge	L_B	[mm]
Riemenbreite	b	[mm]
Länge der Trume	L_1, L_2	[mm]
Wirkkreisdurchmesser	d_o	[mm]
Kopfkreisdurchmesser	d_K	[mm]
Durchmesser der Spannrolle	d_s	[mm]
Bohrung	d	[mm]
Nutzbare lineare Distanz	s_l	[mm]
Gesamtverfahrweg	s_{tot}	[mm]
Dehnung	Δl	[mm]
Spezifische Elastizität	c_{spec}	[N]
Elastizität	c	[N/mm]
Positionierungsabweichung	Δs	[mm]
Positionierungsbereich	P_s	[mm]
Beschleunigungsweg	s_B	[mm]
Bremsweg	s'_B	[mm]
Entfernung insgesamt	s_v	[mm]
Fahrzeit mit $v = \text{konstant}$	t_v	[s]
Gesamtzeit	t_{tot}	[s]
Beschleunigungszeit	t_B	[s]
Bremszeit	t'_B	[s]
Entfernung insgesamt	s_{tot}	[mm]
Anzahl der Zähne der Riemenscheibe	z	
Anzahl der Riemenzähne	z_B	
Anzahl der eingreifenden Zähne	z_e	
Reibkraft	F_R	[N]
Teilung	T	[mm]

Verwendete Symbole		
Tangentialkraft	F_t	[N]
Beschleunigungskraft	F_B	[N]
Reibkraft	F_R	[N]
Hubkraft	F_{Ht}	[N]
Spezifische Zahnkraft	F_{Tspec}	[N/cm]
Zulässige Zugbelastung	F_{zul}	[N]
Vorspannkraft pro Trum	F_{TV}	[N]
Maximale Trumkraft	F_{Tmax}	[N]
Statische Lagerbelastung	F_{Sstat}	[N]
Drehmoment	M	[Nm]
Leistung	P	[kW]
Masse/Gewicht	m	[kg]
Zu bewegende Masse	m_{tot}	[kg]
Masse des Linearschlittens	m_l	[kg]
Masse/Gewicht des Zahnriemens	m_B	[kg]
Masse/Gewicht der Riemenscheibe	m_z	[kg]
Masse/Gewicht der Spannrolle	m_s	[kg]
Reduzierte Riemenscheibenmasse	m_{zred}	[kg]
Reduzierte Leerlaufmasse	m_{sred}	[kg]
Spezifische Riemenmasse	m_{Tspec}	[kg/m]
Spezifisches Gewicht	ρ	[kg/dm ³]
Beschleunigung	a	[m/s ²]
Schwerkraft	g	[m/s ²]
Geschwindigkeit	v	[m/s]
Drehzahl	n	[min ⁻¹]
Winkelgeschwindigkeit	ω	[s ⁻¹]
Eigenfrequenz	f_e	[s ⁻¹]
Erregerfrequenz	f_0	[s ⁻¹]

Grundgleichungen für die Definition von Zahnriemen

Tangentiale Kraft	$F_t = \frac{2 \cdot 10^3 \cdot M}{d_o}$	$F_t = \frac{19.1 \cdot 10^6 \cdot P}{n \cdot d_o}$	$F_t = \frac{10^3 \cdot P}{v}$
Drehmoment	$M = \frac{d_o \cdot F_t}{2 \cdot 10^3}$	$M = \frac{9.55 \cdot 10^3 \cdot P}{n}$	$M = \frac{d_o \cdot P}{2 \cdot v}$
Leistung	$P = \frac{M \cdot n}{9.55 \cdot 10^3}$	$P = \frac{F_t \cdot d_o \cdot n}{19.1 \cdot 10^6}$	$P = \frac{F_t \cdot v}{10^3}$
Winkelgeschwindigkeit	$\omega = \frac{\pi \cdot n}{30}$	Drehzahl	$n = \frac{19.1 \cdot 10^3 \cdot v}{d_o}$
Fahrzeit mit $v = \text{konstant}$	$t_v = \frac{s_v}{v \cdot 10^3}$	Wegstrecke mit $v = \text{konstant}$	$s_v = v \cdot t_v \cdot 10^3$
Gesamtzeit mit $v = \text{konstant}$	$t_{tot} = t_B + t_v + t'_B$	Gesamtstrecke mit $v = \text{konstant}$	$s_{tot} = s_B + s_v + s'_B$
Geschwindigkeit / Umfanggeschwindigkeit	$v = \frac{d_o \cdot n}{19.1 \cdot 10^3} = \sqrt{v} = \frac{2 \cdot s_B \cdot a}{1000}$		
Beschleunigungszeit / Abbremszeit	$t_B = \frac{v}{a} = \sqrt{v} = \frac{2 \cdot s_B}{a \cdot 1000}$		
Beschleunigungsweg / Bremsweg	$s_B = \frac{a \cdot t_B^2 \cdot 10^3}{2} = \frac{v^2 \cdot 10^3}{2 \cdot a}$		

Zahnriemen-Berechnungsl Leitfaden für offene und endlos geschweisste Riemen 3.3

Um die auf einen Zahnriemen wirkenden Kräfte zu bestimmen, müssen alle bewegten und verschobenen Massen berücksichtigt werden. Daher wird eine reduzierte Masse m_{zred} einer Riemenscheibe und/oder Spannrolle verwendet, die eine Ersatzmasse mit gleicher Trägheit ist. Diese Trägheit wirkt in der Wirkungslinie des Riemens und die Trägheit der sich drehenden Riemenscheibe oder Spannrolle wirkt auf der Rotationsachse.

Masse der Riemenscheibe	$m_z = \frac{(d_k^2 - d^2) \cdot \pi \cdot B \cdot \rho}{4 \cdot 10^6}$	Masse der Spannrolle	$m_s = \frac{(d_s^2 - d^2) \cdot \pi \cdot B \cdot \rho}{4 \cdot 10^6}$
Geringere Masse der Riemenscheibe	$m_{zred} = \frac{m_z}{2} \cdot \left(1 + \frac{d^2}{d_k^2}\right)$	Geringere Masse der Spannrolle	$m_{sred} = \frac{m_s}{2} \cdot \left(1 + \frac{d^2}{d_s^2}\right)$

Die statische Lagerbelastung F_{Stat} gilt nur im Stillstand oder im Leerlauf. F_{Stat} ist abhängig von der wirksamen Umfangskraft.

Statische Lagerbelastung	$F_{Stat} = 2 \cdot F_{TV}$
Wirkkreisdurchmesser	$d_0 = \frac{z \cdot T}{\pi}$

Die Riemendehnung Δl ist das Ergebnis der Vorspannkraft F_{TV} und verteilt sich auf die gesamte Riemenlänge L_B . Der Abschnitt des Riemens, der sich im Eingriff befindet, wird nicht gedehnt (Werte für C_{spec} siehe technische Daten).

Der Vorspannweg für lineare Schlittenausführungen beträgt nur die Hälfte der Riemenlänge.

Dehnung des Riemens	$\Delta l = \frac{F_{TV} \cdot L_B}{C_{spec}}$	Freie Riemenlänge	$L_B = L_1 + L_2$
----------------------------	--	--------------------------	-------------------

Lineare Systeme haben wechselnde Federraten, die mit der Position des Schlittens, Tisches oder Wagens zusammenhängen. Die Federrate hängt vom Verhältnis der beiden Längen L_1 und L_2 ab. Die Federrate ist am geringsten, wenn L_1 und L_2 gleich sind.

Federrate	$c = \frac{L_B}{L_1 \cdot L_2} \cdot C_{spec}$	Federrate bei L_1 / L_2	$c_{min} = \frac{4 \cdot C_{spec}}{L_B}$
------------------	--	---	--

Wenn eine äussere Kraft auf den Schlitten einwirkt, bewirkt dieses eine Positionsabweichung:

Positionierungsabweichung	$\Delta s = \frac{F}{c}$
----------------------------------	--------------------------

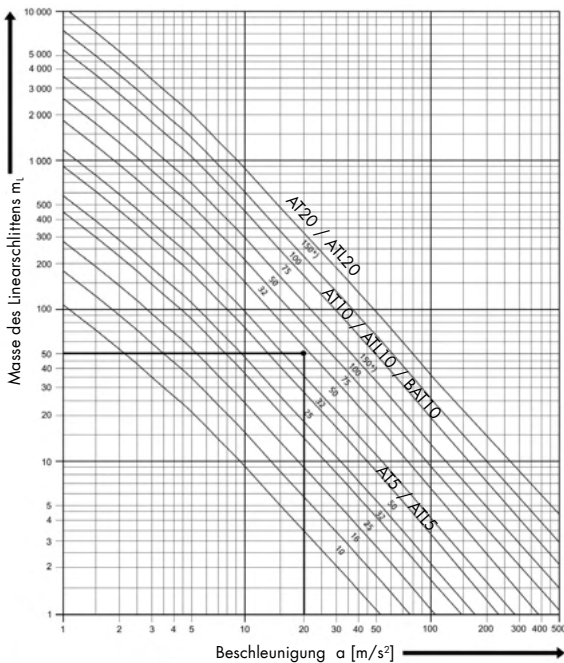
Da ein Riemen eine Federrate hat und der Riemen mit einer Masse verbunden ist, handelt es sich im Grunde um ein Feder-Masse-System, und es liegt in der Natur der Sache, dass ein Stoss auf das System dessen Eigenschwingung auslöst. Es wird empfohlen, den Linearantrieb auf eventuell auftretende Erregerfrequenzen f_0 zu überprüfen, die im Bereich der Eigenschwingung f_e liegen könnten. Ist $f_e = f_0$, sollte eine Überprüfung der Auslegung in Betracht gezogen werden.

Hinweis: Die Eigenfrequenz f_e von Linearantrieben ist im Allgemeinen viel höher als eine mögliche Erregerfrequenz f_0 des Systems, so dass keine Resonanz des Antriebs zu erwarten ist. Besondere Vorsicht ist geboten, wenn ein Schrittmotor verwendet wird, da dieser auf einer Frequenz arbeiten kann, die eine Resonanz auf dem Riemen verursachen kann. Die Gegenmassnahme in einem solchen Fall wäre die Verwendung eines breiteren Riemens, um die Steifigkeit zu verändern.

Natürliche Schwingung	$f_e = \frac{1}{2 \cdot \pi} \cdot \sqrt{\frac{c \cdot 1000}{m_L}}$
------------------------------	---

Vorläufige Zahnriemenauswahl

Mit Hilfe dieses Diagramms können Sie schnell einen geeigneten Riemen für einen Linearantrieb finden. Es ist nur eine Vorauswahl und kann als Grundlage für weitere Berechnungen und umfassende Prüfungen verwendet werden.



Beispiel für eine vorläufige Zahnriemenauswahl

Masse der Linearführung $m_L = 50 \text{ kg}$

Maximale Beschleunigung (ohne Verzögerung) $a = 20 \text{ m/s}^2$

Wert, der am Schnittpunkt im Diagramm gefunden wird:

Zahnriemen AT10/ATL10: 50 mm breit

Optional: AT20/ATL20: 32 mm breit

Empfehlung

Die passende Antriebsscheibe sollte mindestens 20 Zähne haben (bei ATL10 mindestens 25 Zähne). Sollte die Riemenscheibe weniger als 20 Zähne haben (AT), wird der nächstbreitere Standardriemen empfohlen.

Zahnriemen-Berechnungsleitfaden für offene und endlos geschweisste Riemen 3.5

Reibwerte

Diese Tabelle enthält die am häufigsten verwendeten Reibwerte		Beschichtung auf den Zähnen	Reibwerte μ
	PUR auf Aluminium	-	0.6 - 0.9
	PUR auf Stahl	-	0.8 - 1.3
	PUR auf PTFE	-	0.2 - 0.4
	PUR auf PE-UHMW	-	0.3 - 0.5
	PUR-PAZ auf Aluminium	Polyamid	0.3 - 0.4
	PUR-PAZ auf Stahl	Polyamid	0.3 - 0.6
	PUR-PAZ auf PTFE	Polyamid	0.2 - 0.3
	PUR-PAZ auf PE-UHMW	Polyamid	0.2 - 0.3

Die Reibungskoeffizienten haben eine grosse Toleranz; wir empfehlen die Verwendung eines höheren Wertes. Die Zahlen sind rein indikativ.

Berechnungsbeispiel

Aufgabe

Bewegung eines linearen Schlittens mit einer Masse von 50 kg. Die maximale Beschleunigung oder Verzögerung beträgt 20 m/s^2 . Um ein Durchhängen zu vermeiden, wird der Riemen durch eine 3 m lange Schiene auf der Zahnseite geführt/gestützt. Die Vorspannung wird über eine bewegliche Riemenscheibe aufgebracht, so dass keine Umlenkrolle erforderlich ist. Das Material der Riemenscheibe ist Al-CuMg1 ($r = 2.80 \text{ kg/dm}^3$)

Verwenden Sie den zuvor ausgewählten Riemen aus dem Diagramm "Vorläufige Riemenauswahl".

Zur Verfügung gestellt	Wert
Masse Linearschlitten	$m_L = 50 \text{ kg}$
Beschleunigung	$a = 20 \text{ m/s}^2$
Rotationsgeschwindigkeit	$n = 1500 \text{ rpm}$
Anzahl der Zähne	$z_1 = z_2 = 30$
Teilkreisdurchmesser	$d_{01} = d_{02} = 95.49 \text{ mm}$
Kronen-Durchmesser	$d_{K01} = d_{K02} = 93.67 \text{ mm}$
Achsabstand	$s_a = 3500 \text{ mm}$
Reibung	$\rho = 0.5$ (Polyamid beschichtete Zähne auf einer PE-Führung)
Gewünscht	Neuberechnung des AT10, 50 mm breiter Zahnriemen

Lösung

Schritt 1 – Suche nach allen zu beschleunigenden Massen m_{tot}

Massen: $m_L = 50 \text{ kg}$

m_L

$$L_B = 2 \cdot s_a + \pi \cdot d_{01} = 2 \cdot 3500 + \pi \cdot 95.49 = 7300 \text{ mm}$$

m_L

$$m_B = \frac{L_B}{1000} \cdot m_{\text{Rspec}} = \frac{7300}{1000} \cdot 0.29 = 2.12 \text{ kg}$$

$$m_z = \frac{(d_k^2 - d^2) \cdot \pi \cdot B \cdot \rho}{4 \cdot 10^6} = \frac{(93.67^2 - 35^2) \cdot \pi \cdot 60 \cdot 2.85}{4 \cdot 10^6} = 1.0 \text{ kg}$$

m_{zred}

$$m_{\text{zred}} = \frac{m_z}{2} \cdot \left(1 + \frac{d^2}{d_k^2}\right) = \frac{1}{2} \cdot \left(1 + \frac{35^2}{93.67^2}\right) = 0.57 \text{ kg}$$

m_{tot}

$$m_{\text{tot}} = m_L + m_B + m_{\text{zred}} + m_{\text{sred}} = 50 + 2.12 + 0.57 + 0 = 52.69 \text{ kg}$$

Schritt 2 – Suche nach der maximalen tangentialen Kraft F_t

Kräfte:

$$F_B = F_B = m_{\text{tot}} \cdot a = 52.69 \cdot 20 = 10\,538 \text{ N}$$

F_R Unter der Annahme, dass alle gleitenden Massen gleichmäßig unterstützt werden. (Die Masse des Zahnriemens wird ignoriert)

$$F_R = m \cdot g \cdot \mu = 50 \cdot 9.81 \cdot 0.5 = 24\,525 \text{ N}$$

$$F_t = F_t = F_B + F_R = 10538 + 24525 = 1300 \text{ N}$$

Schritt 3 – Definition der Vorspannkraft F_{TV}

$$F_{TV} = 1500 \text{ N}$$

Schritt 4 – Suche nach der höchsten Spannkraft F_{Tmax}

$$F_{max} = F_{TV} + F_t = 1500 + 1300 = 2800 \text{ N}$$

Schritt 5 – Definition der Riemenbreite

$$b = \frac{10 \cdot F_{Tmax}}{z_e \cdot F_{Tspec}} = \frac{10 \cdot 2800}{15 \cdot 44.3} = 42.14 \text{ mm}$$

$b = 50 \text{ mm}$ (gewählte Riemenbreite)

Schritt 6 – Überprüfung der maximal zulässigen Belastung der Zugglieder F_t ist erfüllt

$$F_{Tadm} \geq F_{Tmax}$$

$$\Rightarrow 8500 \text{ N} \geq 2800 \text{ N} \Rightarrow \text{fulfilled}$$

Ergebnis

Der Antrieb ist mit einem Riemen von 50 mm Breite richtig dimensioniert. Die erforderliche Leistung ist:

$$P = \frac{F_t \cdot d_0 \cdot n}{19.1 \cdot 10^6} = \frac{130\,095.49 \cdot 1500}{19.1 \cdot 10^6} = 9.75 \text{ kW}$$

Bestellbezeichnung:

Offener PU-Zahnriemen 50 AT10/7300-PAZ-M

Eigenschaften von Polyurethan-Zahnriemen

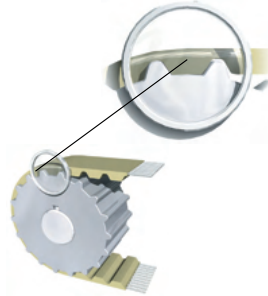
PUR-Zahnriemen, endlos oder mit offenem Ende, werden aus verschleissfestem Polyurethan und hochfesten Stahl-Zugträgern hergestellt. Die Kombination dieser hochwertigen Materialien bildet die Grundlage für formstabile und hoch belastbare Polyurethan-Zahnriemen. Polyurethan-Zahnriemen haben eine sehr hohe Spannsteifigkeit. Im Dauerbetrieb ist keine Nachdehnung der Zugträger zu erwarten. Lediglich bei extremer Belastung und nach kurzer Einlaufzeit kann sich die Vorspannung der Riemen durch das Setzen der Zugträger geringfügig verringern, so dass ein einmaliges Nachspannen des Zahnriemens erforderlich sein kann.

Die Zahnriemen sind temperaturbeständig mit einem Umgebungstemperaturbereich von -30°C bis +80°C. Anwendungen in der Nähe der Temperaturgrenzen (<-10°C und >+50°C) können jedoch eine entsprechende Dimensionierung erfordern. Für spezifische Temperaturbereiche stehen verschiedene Riemenmaterialien zur Verfügung. Bitte wenden Sie sich für diese Art von Anwendungen an die technischen Spezialisten von Angst+Pfister. Die Produktionsverfahren für Zahnriemen bewegen sich innerhalb enger Toleranzen, die eine gleichmässige Lastverteilung bei der Kraftübertragung gewährleisten. Diese Polyurethan-Zahnriemen eignen sich sowohl für die Übertragung hoher Drehmomente als auch für die präzise Positionierung und den Transport von verschiedenen Gütern.

Eigenschaften

Mechanisch

- formschlüssiger, synchroner Betrieb
- konstante Länge, keine nachträgliche Dehnung
- geringe Lärmemission
- verschleissfest
- pflegeleicht
- hochflexibel
- Positions- und Winkelgenauigkeit
- können gekreuzt werden (siehe Kapitel "Winkelantriebe" auf Seite 5.10)
-



- ermüdungsfeste, dehnungsarme Stahlseilzugträger
- Riemengeschwindigkeit bis zu 80 m/s
- kompaktes Design
- hervorragendes Verhältnis von Leistung und Gewicht
- geringe Vorspannung
- geringe Lagerbelastung
- grosse Achsabstände machbar
- grosse Übersetzungsverhältnisse machbar
- hoher Wirkungsgrad, bis zu 98%

Chemisch

- hydrolysebeständig
- alterungsbeständig
- temperaturbeständig von -30°C bis +80°C
- resistent gegen tropisches Klima
- beständig gegen einfache Öle, Fette und Benzin
- beständig gegen einige Säuren und Laugen

Für spezielle Zwecke können wir alle Zahnriemen in Materialien herstellen, die für bestimmte Anwendungsbereiche geeignet sind und Anforderungen wie z. B.:

- Lebensmittelbereich (Polyurethan FDA-konform)
- niedriger Temperaturbereich von -30°C bis +5°C
- hoher Temperaturbereich von +20°C bis +110°C
- Einsatz in einer leicht aggressiven Umgebung

Neben den Standard-Stahlseilzugträgern bieten wir auch Lösungen aus Edelstahl und Aramid an. Sollten besonders starke Biege- oder Zugbelastungen erforderlich sein, können Zahnriemen mit unseren hochflexiblen E-Stahl-Zugträgern ausgerüstet werden

Der Stahlseilzugträger E

Je dünner der Einzeldraht, desto flexibler der gesamte Zugträger: Dieser Zusammenhang führte zur Entwicklung von PUR-Zahnriemen mit E-Stahl-Zugträgern.

Innerhalb des E-Seils wird die Spannung gleichmässiger und auf dünnere Drähte verteilt, so dass die Biegespannung in jedem einzelnen Draht deutlich reduziert wird. Der Vorteil der E-Stahl-Zugträger ist die höhere Flexibilität. Dies ist ein Vorteil für kompakte Konstruktionen mit kleinen Scheiben und Umlenkrollen, bei denen der Mindestdurchmesser oder die Anzahl der Zähne im Vergleich zu Standard-Zugträgern um bis zu 30% verringert werden kann.

Zahnriemen mit E-Stahl-Zugträgern werden für Mehrwellenantriebe mit wechselnder Biegebeanspruchung empfohlen.

In PUR eingebetteter Stahlzugträger:



Je dünner der einzelne Draht ist, desto flexibler ist der gesamte Zahnriemen.

Zusammenfassung

- dünnere Einzeldrähte im Stahlseil
- höhere dynamische Fähigkeiten
- extrem hohe pulsierende und wechselnde Zugkraftfähigkeiten
- kleinere Riemenscheiben- und Umlenkrollendurchmesser
- keine Korrektur der Riemenscheiben erforderlich

Hinweis für die korrekte Anwendung: Bei Anwendungen, die an die Grenzen der Leistungsfähigkeit des Riemens gehen, wenden Sie sich bitte an Ihre Angst+Pfister Antriebspezialisten.

Zahnriemen mit E-Stahl-Zugträger/Mindestzähnezahl:

Art des Antriebs			AT3 (Standard)	AT5	AT10 ATP10	T5	T10	T20
Ohne Gegenbiegung 	Riemenscheibe	z_{min}	15	12	12	10	10	12
	Spannrolle (ohne Zähne) Lauf auf den Riemenzähnen	d_{min} [mm]	20	18	50	18	50	100
Mit Gegenbiegung 	Riemenscheibe	z_{min}	20	20	20	12	15	22
	Umlenkrolle (ohne Zähne) Lauf auf den Riemenrücken	d_{min} [mm]	20	50	80	18	50	120

Vorspannung

Die Vorspannung soll eine Mindestspannkraft auf dem Leertrum gewährleisten, um einen reibungslosen Zahneingriff in die angetriebene Scheibe sicherzustellen. Es gibt viele Möglichkeiten, einen Riemen vorzuspannen, z. B. durch Anpassung des Achsabstands zwischen den Scheiben oder durch zusätzliche Umlenkrollen.

Während des Betriebs nimmt die Spannung im gespannten Lastrum zu, während die Kraft auf die angetriebene Scheibe übertragen wird. Gleichzeitig sinkt die Spannung im Lostrum. Eine korrekte Vorspannung ist dann gegeben, wenn bei maximaler Nennkraftübertragung der Riemen im Lostrum gerade so viel Spannung hat, dass ein korrekter Zahneingriff mit der getriebenen Scheibe gewährleistet ist.

Die Vorspannung sollte nur so hoch wie nötig eingestellt werden, um die Abnutzung der Zähne, die übermäßige Belastung des Seils und die Lagerbelastung zu minimieren.

Berechnung der Vorspannkraft

Verschiedene Zahnriementypen erfordern unterschiedliche Berechnungsverfahren. Die wichtigsten Berechnungsformeln und -tabellen finden Sie im Abschnitt "Berechnung".

Einflussgrößen

Steifigkeit des Riemens

Reibungskräfte, die durch die Wechselwirkung auf die Zähne während des Eingriffs (insbesondere im Durchhangbereich) entstehen, verstärken die Trumkräfte, welche die Dehnung erhöhen. Dies kann dazu führen, dass die Zähne des Riemens an den Zähnen der angetriebenen Scheibe aufklettern und schliesslich überspringen. Die Dehnung steht in direktem Zusammenhang mit der

Steifigkeit des Riemens; eine hohe Steifigkeit der Stahlzugträger ermöglicht eine geringere Vorspannung.

Kraft in Umfangsrichtung

Die Umfangskraft wirkt proportional zur Dehnung des Lastfeldes, was ein übermässiges Durchhängen impliziert und durch Aufbringen einer der Umfangskraft entsprechenden Vorspannkraft beseitigt werden kann.

Länge des Riemens

Die Dehnung des Riemens aufgrund von Umfangs- und Reibungskräften ist in etwa proportional zur Riemenlänge. Die Tendenz zum Auflaufen auf die Zähne oder zum Überspringen hängt also grundsätzlich mit der Gesamtlänge des Riemens zusammen. Ein kurzer Riemen dehnt sich selbst unter extremen Umfangs- und Reibkräften bei geringer Vorspannkraft nur geringfügig. Daher klettert der Riemen kaum auf den Zähnen auf oder springt über. Andererseits können kurze Zahnriemen Umfangsabweichungen der Zahnscheiben kaum ausgleichen. Dies kann zu starken Vorspannungsschwankungen und damit zu extremen Spitzenwerten führen.

Aufteilung der Trumlängen

Bei Mehrwellenantrieben sind die summierten Lasttrume oft länger als die Lostrumseiten. In diesem Fall führt eine geringe Dehnung des Lastrums zu einem sehr ungünstigen Durchhang auf der Leertrumseite. Deshalb sollte bei solchen Antrieben die Vorspannkraft gleich oder höher als die Umfangskraft eingestellt werden.

Präzise Übertragung von Bewegungen

Werden die Trum-Vorspannkraften gleich oder ähnlich der Umfangskraft eingestellt, ist bei PUR-Zahnriemen eine hohe Übertragungsgenauigkeit im Reversierbetrieb möglich.

Verfahren zur Berechnung

<p>Schritt 1 - Auswahl des Riementyps Auf der Grundlage der zu bewegenden Masse und ihrer Beschleunigung muss ein geeigneter Zahnriemen als Basis für die weitere Bewertung ausgewählt werden. Die benutzerfreundliche Tabelle auf Seite 6,5 hilft bei der Auswahl eines ersten Riementyps.</p>	
<p>Schritt 2 - Zusammenfassen aller zu beschleunigenden Massen m_{tot} m_{tot} fasst alle Massen zusammen, die während des Betriebs beschleunigt werden: m_L Masse des zu bewegenden Lineartisches, Schlittens oder Wagens m_B Masse des Zahnriemens (siehe spezifische Eigenschaften für die Riemenmasse) m_{zred} reduzierte Masse der Riemenscheiben. Siehe Liste der Formeln für weitere Einzelheiten m_{sred} reduzierte Masse der Tragrollen. Siehe Liste der Formeln für weitere Einzelheiten</p>	$m_{tot} = m_L + m_B + m_{zred} + m_{sred}$
<p>Schritt 3 - Suche nach der maximalen tangentialen Kraft F_t Die tangentiale Kraft F_t ist gleich der Gesamtheit der auf den Riemen wirkenden Kräfte. Achtung! Wenn beim Bremsen eine höhere Verzögerung als Beschleunigung erreicht wird, muss die durch die Verzögerung verursachte Kraft eingesetzt werden.</p> <p>F_B Beschleunigungskraft F_H Hubkraft (gilt nur für die Massen, die tatsächlich angehoben werden) F_R Reibungskraft (gilt nur für die Massen, die tatsächlich Kräfte auf den Riemen ausüben)</p>	$F_t = F_B + F_H + F_R$ $F_t = m_{tot} \cdot a + m \cdot g + m \cdot g \cdot \mu$
<p>Schritt 4 - Definition der Vorspannkraft F_{TV} Die Vorspannkraft eines Linearantriebs ist dann richtig aufgebracht, wenn die maximale Tangentialkraft F_t (beim Beschleunigen und Abbremsen) keinen Durchhang auf der Lostrumseite verursacht. Daher muss die minimale Vorspannkraft mindestens gleich oder höher sein als die Tangentialkraft.</p>	$F_{TV} \geq F_t$
<p>Schritt 5 - Suche nach der höchsten Spannkraft F_{Tmax} Die höchste Spannkraft wird im Lastrum erwartet, während die Vorspannkraft F_{TV} zusammen mit der höchsten (dynamischen) Tangentialkraft F_t auftritt.</p>	$F_{Tmax} = F_{TV} + F_t$
<p>Schritt 6 - Festlegung der Riemenbreite Die spezifische Zahnscherfestigkeit F_{Tspec} des Riemens, die im Zusammenhang mit der Drehzahl steht, finden Sie im technischen Kapitel. Die Anzahl der Zähne im Eingriff z_e hängt von der Konstruktion des Antriebs ab. Für Berechnungszwecke kann jedoch nur eine maximale Anzahl von 12 Zähnen berücksichtigt werden (siehe Eigenschaften im technischen Kapitel für z_e). Ausgehend von dem Ergebnis für b wird in der Regel der nächstbreitere Standardriemen gewählt.</p>	$b = \frac{10 \cdot F_{Tmax}}{z_e \cdot F_{Tspec}}$
<p>Schritt 7 - Überprüfung der maximal zulässigen Belastung der Zugträger F_{zul} Die maximal zulässige Belastung der Zugträger F_{zul} muss immer höher sein als die maximale tangentiale Kraft F_{Tmax} im Riemen. Ein geeigneter Sicherheitsfaktor muss ebenfalls berücksichtigt werden.</p>	$F_{zul} \geq F_{Tmax}$

Durch diese Schritte wird der Riemen auf der Grundlage der Zahnscherstärke definiert.

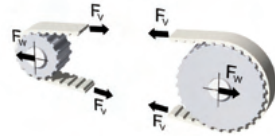
Es müssen weitere Überprüfungen vorgenommen werden:

- Dehnung
- Positionierungsgenauigkeit
- erforderliche Leistung

Folgen einer falschen Vorspannung

Vorspannung zu niedrig

- die Zähne der Lostrumseite laufen auf die Zähne der angetriebenen Riemenscheibe auf oder springen über
- Verschleiss an den Flanken durch die Reibkraft beim Zahneingriff
- erzwungener Bruch durch übermäßige Dehnung aufgrund der Übersteuerung der vollen Zähne



Übermäßige Vorspannung

- hohe Traglast
- Reduzierung der übertragbaren Leistung
- Verschleiss der Riemenzähne

Messen mit Frequenzmessgerät

Die Eigenfrequenz eines Zahnriemens kann mit einem Frequenzmessgerät, wie z.B. dem Angst+Pfister Tensionmeter, gemessen werden. Die Vorspannkraft des Trums kann dann durch Einsetzen der gemessenen Eigenfrequenz in die Gleichung berechnet werden.



$$F_v = 4 \cdot m \cdot l_T^2 \cdot f^2 \quad f = \sqrt{\frac{F_v}{4 \cdot m \cdot l_T^2}}$$

- f: [Hz] Frequenz
 m: [kg/m] Masse des Zahnriemens pro Meter
 l_T: [m] Schwingungsfähige Trumlänge
 F_v: [N] Vorspannkraft

Allgemeine Informationen

Dehnung

Durch das Aufbringen der Vorspannung und der Kräfte während des dynamischen Betriebs wird der Riemen nach dem Hook'schen Gesetz gedehnt. Die Dehnung des Riemens ist relativ zur aufgebrauchten Kraft bis zur zulässigen Zuglast F_{Tadm} . Die Lasttrumdrehung von F_{Tadm} (siehe technische Daten) beträgt maximal 4 mm/m für PUR-Riemen. Für geschweisste PUR-Riemen darf sie maximal 2 mm/m betragen.

Gestaltung

- Mindestens eine verstellbare Achse oder, falls dies nicht möglich ist, eine verstellbare Spannrolle (nicht federnd) wird benötigt
- die Lager müssen absolut stabil sein
- eine genaue Ausrichtung der Scheiben in alle Richtungen ist eine Voraussetzung

Transport/Lagerung

- Packen Sie den Zahnriemen nach Erhalt sofort aus und lagern Sie ihn in gespulter Form ohne Quetschung an einem trockenen Ort bei Raumtemperatur und vor direkter Sonneneinstrahlung geschützt.
- bei der Handhabung nicht knicken oder quetschen

Montage

- Zahnriemen ohne Kraftanwendung lose auf die Scheiben auflegen
- bei festem Achsabstand, zusammen mit Riemenscheiben montieren
- Vorspannkraft gemäss Kapitel "Vorspannung" aufbringen
- Sichern der verstellbaren Achsen und Spanner gegen Verwutschen oder Lösen
- den Zahnriemen nicht zwischen die Bordscheiben der Riemenscheibe klemmen

Betrieb

- Antriebe müssen vor Staub, Schmutz, heissen Umgebungsmedien, sowie Säuren und Laugen geschützt werden
- immer die Umgebungstemperaturen beachten
- vermeiden Sie, dass während des Betriebs Gegenstände auf den Antrieb fallen

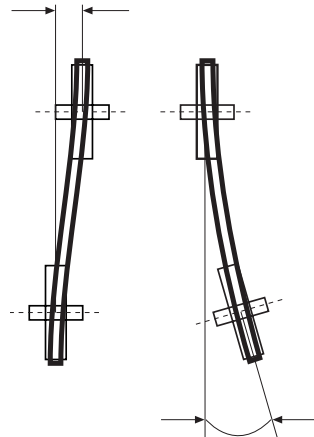
Leitlinien für die Montage

Ausrichtung

Eine einwandfreie Ausrichtung der Riemenscheiben ist eine Grundvoraussetzung für einen parallelen Betrieb und eine lange Lebensdauer des Riemens. Starke Abweichungen von der Parallelität der Scheiben führen zu einer ungleichmässigen Spannungsverteilung im Riemen und Seitenkräfte treiben den Riemen in Richtung der Bordscheiben auf der Scheibe. Dies kann unangenehme Geräusche verursachen und führt zu einem starken Verschleiss des Riemens. Es wird empfohlen, die Abweichung unter 0,5% des Achsabstandes zu halten.

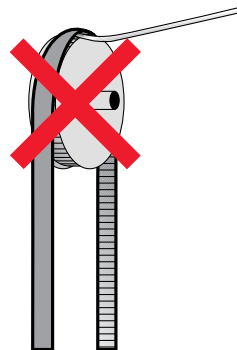
Besondere Aufmerksamkeit ist bei Antrieben mit grossen Achsabständen erforderlich, da der Riemen seitlich über die Scheibe laufen und an der Kante laufen könnte, wenn keine Bordscheiben vorhanden sind. Es wird empfohlen, die Winkelabweichung zwischen den Wellen unter 0,25° pro Meter des Achsabstands zu halten. Alle Wellen, Riemenscheiben und Umlenkrollen müssen während des Betriebs ständig in Position sein, um die angelegte Spannung im System aufrechtzuerhalten. Damit soll ein Überspringen der Zähne vermieden werden.

Verwenden Sie keine Werkzeuge wie Reifenheber und wenden Sie beim Aufziehen des Riemens keine hohen Kräfte an. Verschieben Sie die Umlenkrolle oder die bewegliche Scheibe so, dass sich der Riemen leicht auf den Antrieb auflegen lässt. Die ISO 155 gibt Richtwerte für den Mindestabstand an, der bei verstellbaren Riemenscheiben erforderlich ist, damit ein Riemen aufgelegt werden kann. Die Anwendung von Gewalt oder Werkzeugen bei der Montage eines Riemens kann zu Schäden führen, die in der Regel nicht sichtbar sind, aber die Lebensdauer des Riemens verringern.



Parallelabweichung
max. 0,5% vom
Achsabstand

Winkelabweichung
max. 0,25°/m vom
Achsabstand



Bordscheiben und Spannrollen

Bordscheiben

Bordscheiben verhindern, dass der Riemen seitlich aus dem Antrieb läuft. In der Regel wird nur die kleinere Scheibe mit Bordscheiben versehen. Die Verwendung von nur einer Bordscheibe an jeder Scheibe auf gegenüberliegenden Seiten ist ebenfalls geeignet. Die Verwendung von Bordscheiben auf beiden Zahnscheiben ist möglich und wird häufig bei horizontal ausgerichteten Antrieben eingesetzt. Unsere technischen Spezialisten stehen Ihnen zur Beratung gerne zur Verfügung.

Spannrollen

Spannrollen dienen nicht der Kraftübertragung, sondern der Sicherstellung der erforderlichen Vorspannung auf dem Antrieb. Da es sich bei Spannrollen um zusätzliche Teile innerhalb eines Antriebs handelt, erzeugen sie auch eine weitere Biegespannung auf den Riemen, was die Lebensdauer verringert. Sie sollten daher nach Möglichkeit überflüssig gemacht werden. Spannrollen können auf beiden Seiten des Riemens verwendet werden.

Innenspannrolle (Zahnseite)

Innenliegende Spannrollen sind günstiger als aussenliegende, da sie nur eine zusätzliche pulsierende Spannung auf die Zugträger erzeugen. Da sie auf den Zähnen des Riemens laufen, wird die Verwendung von verzahnten Scheiben anstelle glatter Rollen empfohlen. Auch unverzahnte Rollen können verwendet werden, aber der Aussendurchmesser sollte 2,5 bis 3fach grösser sein als der spezifische Mindestdurchmesser des Riemens für Riemenscheiben. Diese Um-



Bordscheiben auf jeder Seite der beiden Scheiben



Beidseitige Bordscheiben nur an der kleineren Riemenscheibe



Eine Bordscheibe pro Riemenscheibe auf gegenüberliegenden Seiten

lenkrollen sollten nahe an der grösseren Scheibe platziert werden, um die Verkleinerung des Kontaktbogens auf der kleineren Scheibe zu minimieren.

Aussenspannrolle (Rückenseite)

Aussenliegende Spannrollen erzeugen eine zusätzliche und wechselnde Biegung der Zugträger, da sie auf dem Rücken des Riemens laufen. Spannrollen, die auf dem Riemenrücken laufen, verwenden nur flache Rollen und sollten einen Durchmesser haben, der mindestens 1,5 mal grösser ist als der spezifische Mindestdurchmesser des Riemens für die Riemenscheiben. Aussenliegende Spannrollen sollten dicht an der kleineren Scheibe platziert werden, wodurch sich auch der Berührungsbogen an der kleineren Scheibe vergrössert.

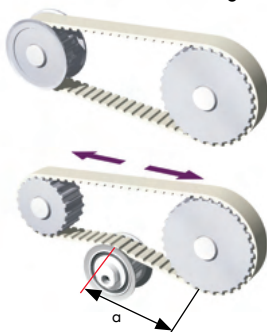
Umlenkrollen und -walzen

Für die Umlenkrollen gelten die gleichen Regeln wie für die Spannrollen.

Richtlinien für den Zahnriemen

Zahnriemen müssen so geführt werden, dass sie nicht seitlich von der Riemenscheibe ablaufen können. Dies wird in der Regel durch das Anbringen von Bordscheiben an den Riemenscheiben verhindert. Durch den Einbau geeigneter Führungselemente können die Seitenkräfte und die Reibung reduziert werden. Dies kann erreicht werden durch:

- Hinzufügen einer Führung am Ende eines langen freien Trums (die Länge (a) der Führung sollte mindestens das Fünffache der Riemenbreite betragen);
- Führung auf der Antriebsscheibe (vorzugsweise bei zwei Wellenantrieben mit kurzem Achsabstand);
- Anleitung für Riemenscheiben mit geringer Kraftübertragung (vorzugsweise für Mehrwellenantriebe);
- Führung durch Spannrollen
 - auf der Lostrumseite angeordnet
 - bei Anordnung auf der Rückseite des Riemen: Mindestdurchmesser wegen starker Biegung beachten
 - auf der Zahnseite: mindestens 3 Zähne im Eingriff
 - Antriebe mit wechselnder Drehrichtung vorzugsweise in der Mitte des Trums
 - Die Spannlänge (a) zwischen Spannrolle und Riemenscheibe sollte mindestens das 5-fache der Riemenbreite betragen.
- Um die beste Führungsleistung zu erzielen, müssen alle Bordscheiben und Führungen innerhalb enger Toleranzen ausgerichtet werden. Alle Wellen müssen präzise und mit exakter Parallelität eingebaut werden.
- Es ist möglich, die kleinere Scheibe mit Bordscheiben zu versehen, um die Kosten zu optimieren, solange die Funktionssicherheit nicht beeinträchtigt wird.



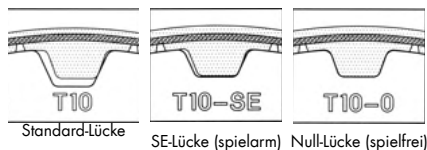
Zahnlückenspiel

Zahnriemen sind formschlüssige Antriebselemente. Sie arbeiten schlupffrei mit den entsprechenden Synchronscheiben zusammen. PUR-Zahnriemenantriebe können für Anwendungen verbessert werden, bei denen ein reduziertes Umkehrspiel erforderlich ist.

Das Standardspiel zwischen dem Zahn auf dem Riemen und der Lücke auf der Riemenscheibe zwischen den Zähnen kann reduziert (SE-Lücke) oder sogar eliminiert (Null-Lücke) werden. Dies ist in der Regel für präzise Anwendungen erforderlich. Für eine technische Beratung wenden Sie sich bitte an die nächstgelegene Angst+Pfister Vertretung.

- Voraussetzungen für die Anwendung: passende Teilung zwischen Zahnriemen und Riemenscheibe
- Einflussfaktoren für die Lückenspielanpassung:
 - Vorspannkraft
 - Eingriffszähnezahl (z_e)
 - Belastungsrate (Drehgeschwindigkeit, dynamisches Verhalten...)
 - Fertigungstoleranzen

Zahnlückenformen bei einem T10-Profil



Winkelförmige Antriebe

Mit PUR-Zahnriemen können Winkelantriebe konstruiert werden, die sich aber nur um die Trumachse verdrehen lassen, was zusätzliche Spannung im Riemen erzeugt. Die Zugträger sind daher auch unterschiedlichen Kraftwerten ausgesetzt.

Durch die Verwendung eines Verhältnisses von Riemenbreite zu Riemenlänge $l_T/b \geq 20$, 20 sind bei der Auslegung des Antriebs keine besonderen Vorkehrungen zu treffen und keine Leistungseinschränkungen zu erwarten.

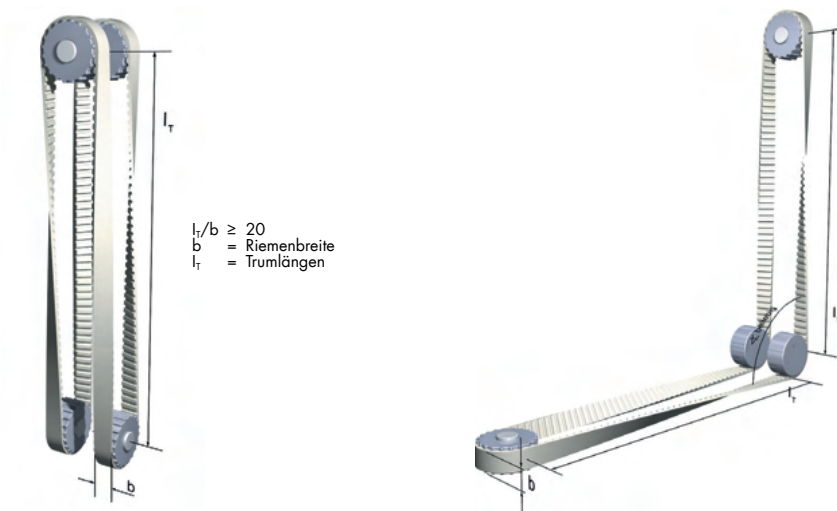


Tabelle der Toleranzen für BRECOFLEX®-Zahnriemen

Längentoleranzen für BRECOFLEX®-Zahnriemen

Angegebene Masse in mm, bezogen auf die Riemenlänge

Riemenlänge bis zu [mm] up to	Längentoleranz [mm]
300	± 0.41
500	± 0.53
700	± 0.64
900	± 0.75
1100	± 0.85
1300	± 0.95
1500	± 1.04
1900	± 1.13
2120	± 1.22
2240	± 1.31
2360	± 1.36
2500	± 1.44
2650	± 1.49
2800	± 1.57
3000	± 1.61
3150	± 1.74
3350	± 1.82
3550	± 1.91
3750	± 2.03
4000	± 2.11
4250	± 2.24
4500	± 2.32
4750	± 2.40
5000	± 2.52
5300	± 2.64
5600	± 2.72
6000	± 2.92
6300	± 3.04
6700	± 3.19
7100	± 3.35
7500	± 3.51
8000	± 3.70
9000	± 4.09

Längentoleranz für BRECO® -Zahnriemen M/V (ausser ATL-Zahnriemen)	± 0.8 mm/m
---	------------

**Breitentoleranzen für BRECOFLEX® und BRECO®
Zahnriemen M/V**

Riementyp Teilung	Toleranz [mm]
T2.5	± 0.5
T5 / TK5	± 0.5
T10 / TK10	± 0.5
T20	± 1.0
AT3	± 0.5
AT5 / ATK5 / ATL5	± 0.5
AT10 / ATK10 / ATL10 / ATN10 / SFAT10 / BAT10 / BATK10	± 0.5
ATN12.7	± 0.5
ATS15 / SFAT15 / BAT15 / BATK15	± 1.0
AT20 / ATK20 / ATL20 / ATN20 / SFAT20	± 1.0
ATP10	± 0.5
ATP15	± 1.0
XL	± 0.5
L	± 0.5
H	± 0.5
XH	± 1.0

Tabelle der Toleranzen für CONTI® SYNCHROFLEX Zahnriemen

Nennhöhe und Höhentoleranzen für CONTI® SYNCHROFLEX Zahnriemen

Typ	Nennhöhe [mm]	Höhentoleranzen [mm]
T2	1.1	± 0.15
T2.5	1.3	± 0.15
T2.5-DL	2.0	± 0.20
T5	2.2	± 0.15
T5-DL	3.4	± 0.20
T10	4.5	± 0.30
T10-DL	7.0	± 0.40
T20	8.0	± 0.45
T20-DL	13.0	± 0.60
AT3	1.9	± 0.15
AT5	2.7	± 0.15
AT10	5.0	± 0.30
ATP10	5.0	± 0.30
AT20	9.0	± 0.45

Längentoleranzen für Standard CONTI® SYNCHROFLEX Zahnriemen

Die Messung der Riemenlänge erfolgt nach DIN 7721, bezogen auf den Achsabstand.

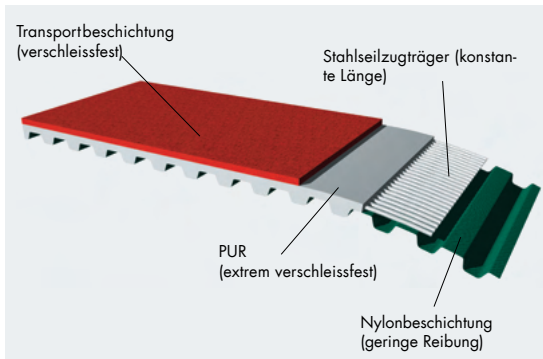
Riemenlänge [mm]		Längentoleranz in Bezug auf den Achsabstand [mm]
Über	Bis zu	
	320	± 0.15
320	630	± 0.18
630	1000	± 0.25
1000	1960	± 0.40
1960	3500	± 0.50
3500	4500	± 0.80
4500	6000	± 1.20

Breitentoleranzen für Standard CONTI® SYNCHROFLEX Polyurethan-Zahnriemen

Typ/Gruppe	Toleranz in der Breite		
	bis zu 50 mm [mm]	50 bis 100 mm [mm]	Über 100 [mm]
K1	± 0.3	± 0.5	± 0.5
K1.5	± 0.3	± 0.5	± 0.5
T2	± 0.3	± 0.5	± 0.5
M (MXL)	± 0.3	± 0.5	± 0.5
T2.5	± 0.3	± 0.5	± 0.5
T5	± 0.3	± 0.5	± 0.5
T5-DL	± 0.3	± 0.5	± 0.5
T10	± 0.5	± 0.5	± 0.5
T10-DL	± 0.5	± 0.5	± 0.5
T20	± 1.0	± 1.0	± 1.0
T20-DL	± 1.0	± 1.0	± 1.0
AT3	± 0.3	± 0.5	± 0.5
AT5	± 0.5	± 0.5	± 0.5
AT10	± 1.0	± 1.0	± 1.0
ATP10/ATP15	± 1.0	± 1.0	± 1.0
AT20	± 1.0	± 1.0	± 1.0

Bemerkung: Engere Toleranzen nach speziellen Angaben sind möglich.
Toleranz für besondere Zugträger auf Anfrage.

Einführung



Konstruktion des Zahnriemens

BRECO® - und BRECOFLEX® -Zahnriemen bestehen aus verschleissfestem Polyurethan (PUR) und hochfesten Stahlseilen. Die Beschichtungsmöglichkeiten der Zahnriemen bieten eine Vielzahl von Anwendungsmöglichkeiten in der Transporttechnik.

Die richtige Wahl der Beschichtung hängt von den Eigenschaften des Fördergutes und der gewünschten Reibung ab. Die wichtigsten Faktoren für eine effiziente Transportanwendung sind:

- hohe Reibung für schlupffreies Fördern
- weiche oder harte Beschichtungen je nach Eigenschaften des transportierten Materials
- geringe Reibung zur Verringerung des Reibwiderstands (PAZ/PAR)

Jedes beteiligte Material verhält sich entsprechend seiner spezifischen Eigenschaft.

Für spezifische Transportanwendungen können die Zahnseite und/oder die Transportseite mechanisch nachbearbeitet werden. Auf diese Weise kann die Flexibilität des gesamten Riemens durch Einschnitte in dicke Beschichtungen beibehalten werden.

Resistenzen

Je nach Anwendung ist die Beständigkeit jedes Beschichtungsmaterials gesondert zu betrachten. Die Materialbeständigkeit hängt u. a. vom pH-Wert, der Konzentration, der Temperatur und der Einwirkzeit eines Mediums ab. Einfache Öle haben in der Regel keine schädigende Wirkung auf den Riemen. Zusätze im Öl und Temperaturen über ca. 40°C können die Langlebigkeit verringern.

Reibung

Die Reibung des Zahnriemens auf einer Gleitführung erzeugt Wärme. Diese nimmt mit dem Gewicht der zu transportierenden Gegenstände zu. Das Material der Führung muss so gewählt werden, dass die Reibung des Transportriemens im Kontakt mit ihr einen Mindestwert ergibt. Die Führung sollte eine gute Wärmeableitung bei hohen Druckkräften gewährleisten.

Der Reibungswert ändert sich mit der Temperatur. Er steigt mit steigender Temperatur und sinkt bei Temperaturen unter 0° Celsius (Frost).

Informationen

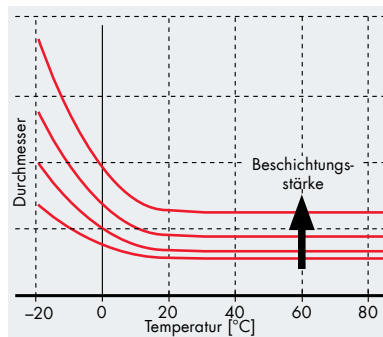
Bei Beschichtungen mit einer Breite von mehr als 75 mm und einer Dicke von ca. 2 mm ist aufgrund der unterschiedlichen Verarbeitungseigenschaften eine Beratung erforderlich.

Antriebe mit Rückwärtsbiegung

Beschichtete Zahnriemen sind im Allgemeinen auch für Antriebe mit Rückwärtsbiegung geeignet. In solchen Anwendungen sollten Riemen mit sehr weichen Beschichtungen (z. B. Sylomer) mit reduzierter Vorspannung eingebaut werden. Beschichtungen, die auf Basis von Naturkautschuk hergestellt werden, wie z. B. Linatex, sind nur bedingt für Biegewechselanwendungen geeignet. Bitte wenden Sie sich für weitere Informationen an unsere technischen Spezialisten.

Temperatureinfluss/ Synchronscheiben-Durchmesser

Beim Transport von heissen Gütern (über ca. 80°C) ist darauf zu achten, dass die Kontaktdauer möglichst kurz ist, um eine Erwärmung des Riemenunterbaus auf über 80°C zu vermeiden. Kurzzeitig kann ein beschichteter Riemen einer höheren thermischen Belastung standhalten, sofern in der verbleibenden Zykluszeit für ausreichende Kühlung gesorgt wird. Bei Temperaturen über ca. 60°C nimmt die Scherfestigkeit der Zähne leicht ab. Eine zusätzliche Sicherheitsmassnahme ist nur dann erforderlich, wenn die Zähne einer grösseren Belastung ausgesetzt sind. Bei niedrigen Umgebungstemperaturen nimmt die Flexibilität der Beschichtung ab. Daher sollten die Durchmesser der Zahnscheiben im Vergleich zu normalen Temperaturbedingungen grösser gewählt werden (siehe Diagramm). Auch die Flexibilität des Zahnriemens nimmt bei niedrigen Temperaturen ab. Die Minstdurchmesser dienen als Richtwert. Sie gelten bei einer Umgebungstemperatur von 20°C und einer linearen Geschwindigkeit von 1 m/s, auch unter der Annahme einer geringen Belastung durch das Transportgut. Bei genauer Kenntnis der Anwendung ist es möglich, die Durchmesser zu reduzieren. Die in der folgenden Tabelle angegebenen Minstdurchmesser für die verschiedenen Beschichtungen gelten für homogene Beschichtungen mit gleichmässiger Dicke. Unterbrechungen in der Beschichtung, z. B. durch Einschnitte oder Rillen, verursachen erhebliche Kerbwirkungen und erfordern deutlich höhere Minstdurchmesser.



Zahnscheibendurchmesser in Relation zur Temperatur

Entfernung von Zähnen

Die Entfernung einzelner Zähne oder ganzer Zahngruppen ist möglich und sollte für eine exakte Verkettung erfolgen, z. B. wenn die verbleibenden Zähne zur Positionierung des Transportgutes an einer bestimmten Stelle dienen.

Fräsen der Zähne in Längsrichtung

Zahnriemen mit längsgefrästen Zahnprofilen werden häufig in Kombination mit zugträgerfreien Zonen in Vakuumtransportsystemen eingesetzt.

Lochen von Zahnriemen

Der Einsatz von gelochten Zahnriemen wird bevorzugt in Bereichen ohne Zugträger (in begrenztem Umfang auch als Flex-Zahnriemen erhältlich) und in Bereichen mit in Längsrichtung entfernten Zähnen, für Vakuumanwendungen, eingesetzt. Die Vielzahl der Gestaltungsmöglichkeiten für Zahnriemen im Bereich der Vakuumanwendungen reicht vom Transport empfindlicher Folien bis hin zu Plattenstäben von mehreren Quadratmetern Größe.

Mechanische Bearbeitung

Beschichtete Zahnriemen können je nach Beschaffenheit der Beschichtung für spezielle Funktionseigenschaften mechanisch nachbearbeitet werden. Transportriemen mit dicken Beschichtungen sind weniger flexibel. Ihr Einsatz erfordert daher einen größeren Durchmesser der Zahnscheibe. Querslitze oder Rillen können die Flexibilität der Beschichtung erhöhen. Wo es produktionstechnisch möglich ist, werden gefräste Rillen zur sicheren Handhabung und besseren Positionierung der Produkte eingesetzt. Gelochte Zahnriemen werden in Vakuumtransportsystemen eingesetzt. Auch flexible Zahnriemen sind für diesen Zweck erhältlich. Die bevorzugte Ausführung von Zahnriemen wird mit zugträgerfreien Zonen gefertigt. Die Zähne sind entsprechend gefräst.

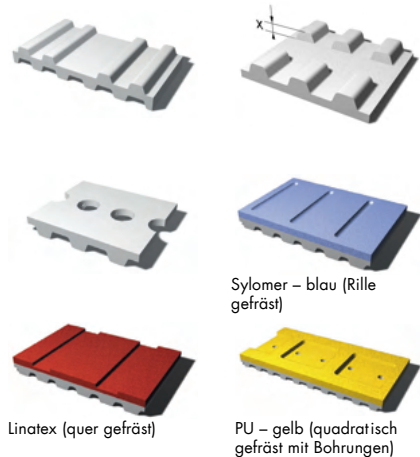
Wasserstrahlschneiden

- genau
- schnell
- sauber
- hohe Nutzungsvielfalt
- umweltfreundlich

Neben dem Fräsen, Bohren, Stanzen und Schleifen können Zahnriemen auch mit einer Wasserstrahlschneidanlage nachbearbeitet werden. Das Wasserstrahlschneiden bietet eine breite Palette von Möglichkeiten. Für spezielle Zwecke können verschiedene Ausschnittkonturen mit hoher Präzision hergestellt werden. Das Verfahren eignet sich auch zum Schneiden von Nockenformen aus vormontierten Polyurethanplatten unterschiedlicher Dicke.

Vorteile

- präzise Schnittkanten
- hohe Schnittgenauigkeit
- sehr geringe Wärmeentwicklung und kein Verzug
- keine Grate
- kaum Nachbearbeitung erforderlich

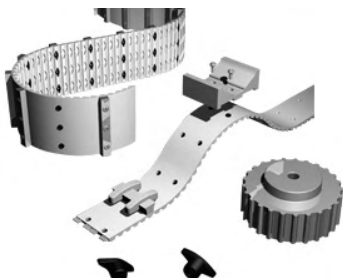


Beschreibung

Der ATN-Zahnriemen ist speziell für Anwendungen in der Transporttechnik konzipiert. Das austauschbare Profilbefestigungssystem im Riemenzahn ermöglicht eine schnelle Montage und den Austausch der individuell für die jeweilige Förderanwendung gefertigten Mitnehmer. Diese Flexibilität bietet im Vergleich zu anderen Profilbefestigungssystemen eine bisher nicht zu realisierende Vielfalt an Einsatzmöglichkeiten, wie z. B. Schweißen. Bei Bedarf ist es möglich, mit dem gleichen Zahnriemen, aber mit unterschiedlichen Profilen ausgestattet, verschiedene Güterarten in einem Transportsystem zu fördern.

Vorteile

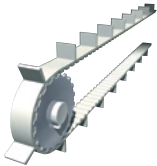
- der Riemen ist Teil einer modularen Konstruktion, die aus dem ATN-Zahnriemen, den Befestigungselementen, dem ATN-Zahnriemenschluss und den Mitnehmern/Profilen besteht
- variable Profilabstände mit hoher Genauigkeit
- Einsatz von verschiedenen Profilmaterialien möglich (Kunststoff, Metall, Keramik...)
- hohe Scherkräfte
- schneller und einfacher Profilwechsel, wenn die zu transportierenden Produkte gewechselt werden oder die Profile abgenutzt sind
- kein Zahnriemenwechsel bei Profiländerungen
- Alternative zur Kette mit allen Vorteilen eines Zahnriemens
- Selbstausrichtung der Profile beim Einbau
- Anwendung von Standard-Riemenscheiben
- hohe visuelle Qualität
- verschiedene Befestigungsmöglichkeiten
- kostengünstig für den Nutzer:
 - Standard-Zahnriemen mit hoher Verfügbarkeit und Variabilität
 - kurze Maschinen-Stillstandzeiten für Profilwechsel
 - niedrige Testkosten aufgrund der Austauschbarkeit der Profile (Prototypen)



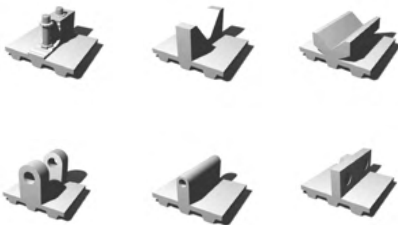
Anbringen von Nocken auf Zahnriemen

Angeschweisste Profile

Für welchen Transportzweck der Zahnriemen auch immer eingesetzt wird, der Riemen kann mit einer beliebigen Anzahl und Reihenfolge von aufgeschweissten Profilen versehen werden.

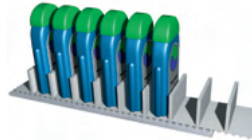
**Auswahl des Profils**

Das Profil besteht aus Polyurethan, dem gleichen hochwertigen Material wie der Zahnriemen. Je nach Transportanforderung kann das Design den Kundenwünschen entsprechend angepasst werden. Dabei kann ein vorhandenes Profil aus unserem umfangreichen Lagerbestand verwendet werden, oder es wird bei Bedarf ein halbfertiges Profil entsprechend nachgearbeitet. Bei aussergewöhnlichen Anforderungen und entsprechenden Stückzahlen ist es möglich, neue Formen zu fertigen, um die gewünschte Lösung zu erreichen.

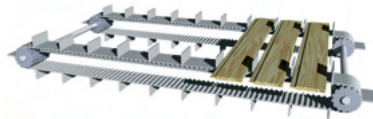
**Zusammenstellung**

Riemenlänge und Scheibendurchmesser sind die Basis für die Antriebsauswahl, basierend auf der Maschinenkonfiguration. Viele Riementypen aus unserem Fertigungsprogramm können mit Mitnehmern/Profilen ausgestattet werden. Zahnriemen in Verbindung mit

Führungsflächen ermöglichen einen reibungsreduzierten Betrieb. Zur weiteren Reduzierung des Reibungskoeffizienten sind auch Zahnriemen in PAZ-Ausführung erhältlich.

**Auswahl des Profils**

Das zu transportierende Material und der Transportzweck beeinflussen die Wahl der Nocken.

**Über 4.000 Standardprofile**

Die Profile werden als Polyurethan-Formteil hergestellt. Es sind Standardprofile erhältlich. Standardprofile können je nach Abmessung durch mechanische Verfahren (Bohren, Fräsen) nachbearbeitet werden. Erläutern Sie bei Bedarf die Konstruktionsanforderungen anhand einer Zeichnung.



Profile aus Plattenmaterial

Je nach Menge werden die Flüge eventuell aus vorgefertigten PUR-Platten geschnitten. Die folgenden Plattenstärken sind erhältlich: 1,5; 2; 3; 4; 5; 6; 7; 8; 10; 11; 15; 20 mm.

Profile aus neuen Werkzeugen

Im Rahmen unserer Produktionsmöglichkeiten sind neuen Designwünschen in Bezug auf die Form von Spritzgussnocken praktisch keine Grenzen gesetzt. Kosten für Werkzeuge und Formen können anfallen.

Profilverbindung

Die Profile bestehen aus Polyurethan, dem gleichen hochwertigen Material wie die Zahnriemen selbst.

Profilposition gegenüber dem Zahn

Die Riemenflexibilität von Zahnriemen liegt hauptsächlich im Bereich der Zahnlücke. Um die Zahnriemenflexibilität um die Riemenscheibe zu erhalten, ist die Nockenposition "gegenüber dem Zahn" zu bevorzugen.

Profilteilung, Zahnteilung

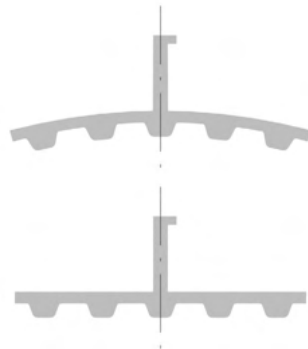
Es wird empfohlen, eine Nockenteilung zu wählen, die ein ganzzahliges Vielfaches der Zahnteilung ist. Andere Nockenteilungen als das ganzzahlige Vielfache der Zahnteilung können geliefert werden, es ist jedoch zu beachten, dass sich ein gleichmässiger Versatz der Nockenposition gegenüber der Zahnposition einstellt.

Toleranzen

Die erreichte Profilposition jedes einzelnen Profils beträgt $\pm 0,5$ mm von der vorgesehenen Sollposition. Für die Profilhöhe ist eine Toleranz von $\pm 0,5$ mm einzukalkulieren.

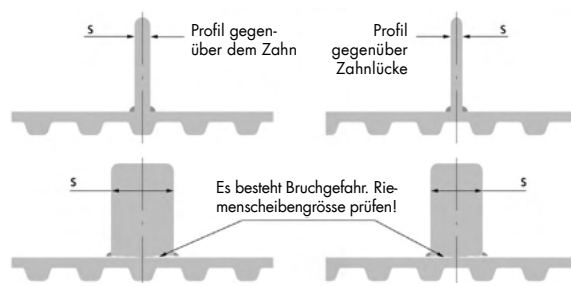
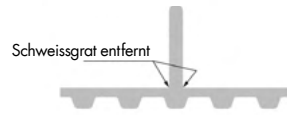
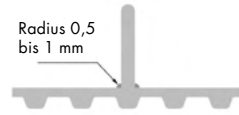
Bestellbeispiel

Für den gewünschten Zahnriemen mit Nocken sollte der Bestellung vorzugsweise eine Masszeichnung beigelegt werden. Der Nocken-Zahnriemen kann auch über den Bestelltext definiert und übermittelt werden. Beispiel: Zahnriemen 50 T 10/5000 V-PAZ mit aufgeschweisstem Profil, Profil-Nr. 2.3.2.015.008, Profilanzahl 100, Profiltteilung 50, Nockenposition gegenüber dem Zahn.



Schweissgrate

Es bildet sich ein Grat zwischen Steg und Rücken des Riemens. Es kann sich ein Polyurethanüberstand mit einem Radius von 0,5 bis 1 mm bilden. Sollte der Grat die vorgesehene Funktion beeinträchtigen, bitten Sie in Ihren Bestellungen um "Gratentfernung".



Profildicke s

Die Zahnriemenflexibilität kann durch den aufgeschweissten Nocken beeinflusst werden. Grundsätzlich ist zu beachten, dass die Nockendicke s so dünn wie möglich zu wählen ist. Die nachstehende Tabelle zeigt die individuell empfohlene maximale Profildicke s [mm] in Abhängigkeit von der gewählten Zähnezahlszahl der Zahnscheibe.

Anzahl der Zähne auf der Riemenscheibe	Max. Profildicke [mm] bei Anschweisposition gegenüberliegendem Zahn							Max. Profildicke [mm], wenn Anschweisposition gegenüber Zahnücke ist						
	20	25	30	40	50	60	100	20	25	30	40	50	60	100
T2,5	2.5	3	3	4	4.5	5	6	1.5	1.5	2	2	3	4	6
AT3	3	4	4	5	6	6.5	8	1.5	1.5	2	3	4	5	7
AT5/T5	5	6	6	8	9	10	12	2	2	3	4	6	8	10
AT10/T10	8	9	10	12	14	15	20	3	4	4	6	9	12	20
AT20/T20	12	13	15	18	20	23	30	5	5	6	8	12	20	30
MXL	2	2.5	2.5	3.5	4	4.5	5	1	1	1.5	1.5	2	3	5
XL	5	6	6	8	9	10	12	2	2	3	4	6	8	10
L	6	7	8	10	12	13	16	3	3	4	5	7	10	16
H	8	9	10	12	14	15	20	4	5	6	7	10	12	20
XH	13	14	15	18	20	23	30	5	5	6	8	12	20	30


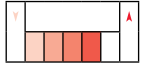

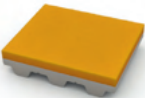
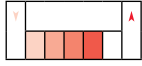

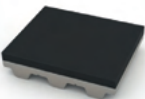
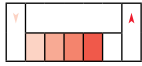

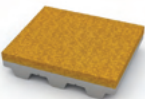
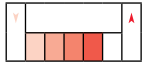
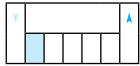
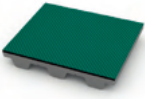
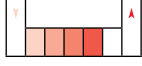


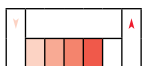
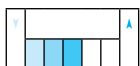
Beispiel für die Berechnung der Profildicke s für einen Zahnriemen mit der Teilung T10, der um eine Riemenscheibe mit 20 Zähnen läuft:

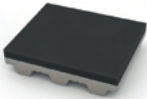

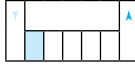
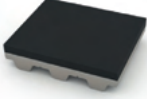
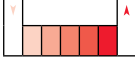
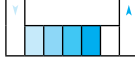
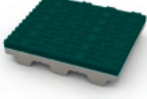
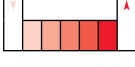
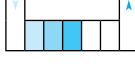
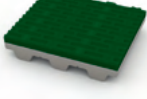
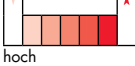
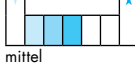
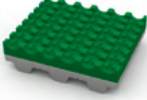
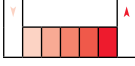
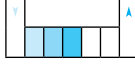
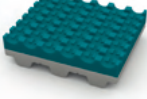


- wenn die Profilposition "gegenüber dem Zahn" ist, Profildicke $s \leq 8$ mm
- wenn die Profilposition "gegenüber der Zahnücke" ist, Profildicke $s \leq 3$ mm

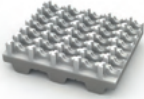
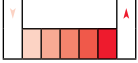

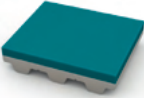
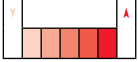
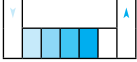
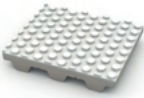
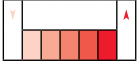




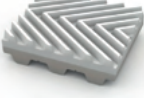
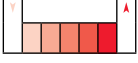
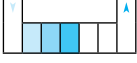

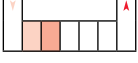
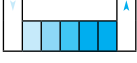
Bemerkung: Wir empfehlen, bei Zwischengrößen (z.B. 22 Zähne) die nächstkleinere Größe als Profilstärke zu wählen.

Zahnriemenbeschichtungen

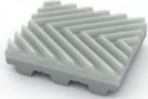
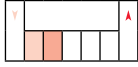

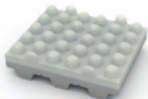
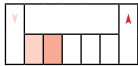

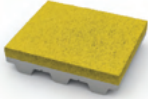
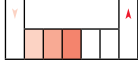
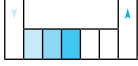
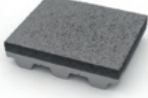
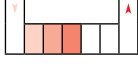
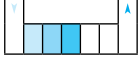

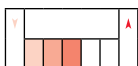
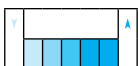
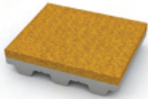
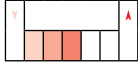

Nr.	Produkt	Farbe	Härte		Arbeitstemperatur	Toleranz (Zahnriemen + Beschichtung)	
			Grad der Griffigkeit	Abriebfestigkeit		(thk) Verfügbare Dicke / (Ø) Mindestscheibendurchmesser [mm]	
1	Linatex HM	rot	38° Shore A		-40°C to +70°C	1/+1.8 mm	
						thk	2 3 4 5 6 8
			mittel-hoch	mittel-niedrig		Ø	60 80 80 80 100 100
					thk	10	
					Ø	120	
2	Linard 60	rot	60° Shore A		-20°C to +110°C	1/+1.8 mm	
						thk	3 6 12 20
			mittel-hoch	mittel-niedrig		Ø	60 60 120 120
3	Linatrilite	orange	55° Shore A		-20°C to +110°C	1/+1.8 mm	
						thk	1.5 3 5 6 10
			mittel-hoch	mittel		Ø	40 60 60 80 100
4	Linaquard OZ	schwarz	39° Shore A		-40°C to +75°C	-	
						thk	1.5 2 3 5 6 8
			mittel-hoch	mittel-niedrig		Ø	40 40 60 60 80 100
					thk	10 12	
					Ø	100 120	
5	Linaplus FG FDA (Naturkautschuk)	weiss	38° Shore A		-40°C to +70°C	1/+1.8 mm	
						thk	1.5 2 3 5 6 8
			mittel-hoch	mittel-niedrig		Ø	40 40 60 60 80 100
					thk	10 12	
					Ø	100 120	
6	NBR 65/EPDM	schwarz	65° Shore A		-35°C to +70°C	±0.6 mm	
						thk	1 2 3 4 5 6
			mittel-hoch	mittel		Ø	60 60 80 80 80 100
					thk	8 10 12 15	
					Ø	100 100 120 130	

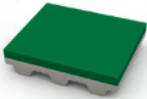

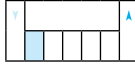
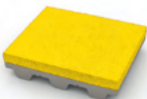
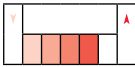
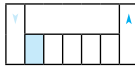
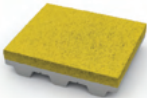
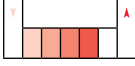
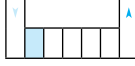
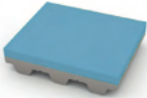
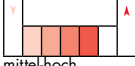

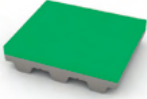
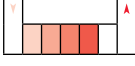
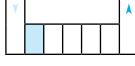
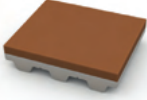
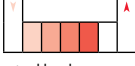
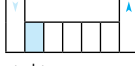
Nr.	Produkt	Farbe	Härte		Arbeitstemperatur	Toleranz (Zahnriemen + Beschichtung)				
			Grad der Griffigkeit	Abriebfestigkeit		(thk) Verfügbare Dicke / (Ø) Mindestdurchmesser [mm]				
7	NBR 60 weiss FDA	weiss	60° Shore A	-30°C to +80°C	-					
				thk	1	2	3	4	5	6
				Ø	60	60	80	80	80	100
				thk	8	10				
		mittel-hoch	mittel	Ø	100	100				
8	RP400	gelb	39° Shore A	-10°C to +120°C	±0.7 mm					
				thk	2	3	4	5	6	
				Ø	40	50	50	70	70	
9	CM280	schwarz	175 kg/m ³	-50°C to +95°C	-					
				thk	2	3	4	5	6	7
				Ø	60	60	80	80	80	100
		mittel-hoch	mittel-niedrig	thk	8	9	10			
				Ø	100	100	100			
10	RG250	orange	160 kg/m ³	-40°C to +80°C	-					
				thk	10	15				
				Ø	120	150				
		mittel-hoch	niedrig							
11	Hamid	obere Schicht grün, untere Schicht schwarz	65° Shore A	-30°C to +60°C	±0.5 mm					
				thk	1.4					
				Ø	20					
		mittel-hoch	mittel-hoch							
12	Correx	Hellbraun	36° Shore A	-15°C to +70°C	±0.7 mm					
				thk	6	10				
				Ø	80	120				
		mittel-hoch	mittel							

Nr.	Produkt	Farbe	Härte		Arbeitstemperatur	Toleranz (Zahnriemen + Beschichtung)
			Grad der Griffigkeit	Abriebfestigkeit		
13	Porol	Schwarz	180 kg/m ³	-40°C to +75°C	±0.7 mm	(thk) Verfügbare Dicke / (Ø) Mindestdurchmesser [mm]
						thk 3 5 10
						
		hoch	niedrig			
14	Viton	schwarz	75° Shore A	-10°C to +190°C	±0.6 mm	(thk) Verfügbare Dicke / (Ø) Mindestdurchmesser [mm]
						thk 2 4
						
		hoch	mittel-hoch			
15	MiniGrip blau	blau	50° Shore A	-15°C to +90°C	±0.5 mm	(thk) Verfügbare Dicke / (Ø) Mindestdurchmesser [mm]
						thk 1.5
						
		hoch	mittel			
16	MiniGrip grün	grün	65° Shore A	-10°C to +110°C	±0.5 mm	(thk) Verfügbare Dicke / (Ø) Mindestdurchmesser [mm]
						thk 1.5
						
		hoch	mittel			
17	SuperGrip grün	grün	40° Shore A	-15°C to +90°C	±0.5 mm	(thk) Verfügbare Dicke / (Ø) Mindestdurchmesser [mm]
						thk 4
						
		hoch	mittel			
18	SuperGrip blau	blau	40° Shore A	-15°C to +90°C	±0.5 mm	(thk) Verfügbare Dicke / (Ø) Mindestdurchmesser [mm]
						thk 4
						
		hoch	mittel			

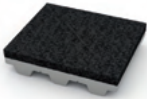
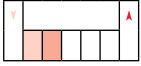

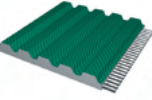
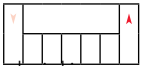
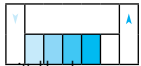
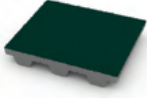
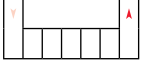
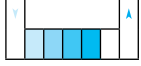
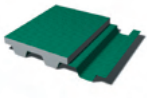

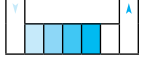
Nr.	Produkt	Farbe	Härte	Arbeitstemperatur	Toleranz (Zahnriemen + Beschichtung)
19	Supergrip weiss FDA 	weiss	55° Shore A	-15°C to +90°C	±0.5 mm
				thk 4 Ø 60	
		hoch	mittel		
20	PVC Folie blau 	blau	65° Shore A	-15°C to +90°C	±0.5 mm
				thk 1 on request (2; 3 ;4 ;5 ;6) Ø 30	
		hoch	mittel-hoch		
21	PVC-Punkte weiss FDA 	weiss	60° Shore A	-10°C to +110°C	±0.5 mm
				thk 1.5 Ø 60	
		hoch	mittel		
22	PVC-Folie weiss FDA 	weiss	48° Shore A	-10°C to +110°C	±0.5 mm
				thk 1.5 on request (1 ; 3 ;4 ;5 ;6) Ø 40	
		hoch	mittel		
23	PVC-Fischgrätenmuster FDA 	weiss	65° Shore A	-10°C to +110°C	±0.5 mm
				thk 3 Ø 60	
		hoch	mittel		
24	T-Version (extrudiert) PU dicker Rücken 	transparent	85° Shore A	-20°C to +80°C	±0.5 mm
				thk 1.5 (for 5 mm pitch) 2 (rest) Ø 80 80	
		Mittel-niedrig	Hoch		

Nr.	Produkt	Farbe	Härte	Arbeitstemperatur	Toleranz (Zahnriemen + Beschichtung)	Grad der Griff- festigkeit		Abriebfestig- keit		(thk) Verfügbare Dicke / (Ø) Mindestscheibendurchmesser [mm]									
						mittel-niedrig	hoch	mittel-niedrig	hoch	thk	Ø								
25	PU 385	transparent	85° Shore A	-20°C to +80°C	±0.4 mm			thk	2	3	4	5	6	Ø	80	80	120	150	180
						mittel-niedrig	hoch												
26	PU 60	transparent	60° Shore A	-20°C to +80°C	±0.4 mm			thk	2	3	4	5	6	Ø	80	80	120	150	180
						mittel-niedrig	hoch												
27	HV-Folie	Transparent glänzend	85° Shore A	-20°C to +80°C	±0.4 mm			thk	1	2									
						mittel-niedrig	hoch												
28	HV-Folie FDA	Transparent glänzend	85° Shore A	-20°C to +80°C	±0.4 mm			thk	1	2									
						mittel-niedrig	hoch												
29	T-Rille TR1 & TR2 - PU mit Längsrillen	transparent	85° Shore A	-20°C to +80°C	±0.4 mm			thk	2,4	2,5									
						mittel-niedrig	hoch												
30	WM 385	transparent	85° Shore A	-20°C to +80°C	±0.4 mm			thk	4										
						mittel-niedrig	hoch												

Nr.	Produkt	Farbe	Härte	Arbeitstemperatur	Toleranz (Zahnriemen + Beschichtung)	Grad der Griffigkeit		Abriebfestigkeit		(thk) Verfügbare Dicke / (Ø) Mindestdurchmesser [mm]	
						Y	A	Y	A	thk	Ø
31	FG 385	Transparent	85° Shore A	-20°C to +80°C	±0.4 mm					thk 4	Ø 120
											
						mittel-niedrig	hoch				
32	NP 385	transparent	85° Shore A	-20°C to +80°C	±0.4 mm					thk 4	Ø 120
											
						mittel-niedrig	hoch				
33	PU Gelb	Gelb	55° Shore A	-10°C to +70°C	±0.4 mm					thk 2 3 4 5 6 8	Ø 70 70 90 110 110 110
										thk 10	Ø 130
						mittel	mittel				
34	PU Grau	Grau	55° Shore A	-10°C to +70°C	±0.4 mm					thk 2 3 4 5 6 8	Ø 70 70 90 110 110 110
										thk 10	Ø 130
						mittel	mittel				
35	Polyurethan D15	gelblich-transparent	60° Shore A	-20°C to +80°C	±0.6 mm					thk 2 3 4 5 6 8	Ø 60 80 80 100 100 100
											
						mittel	hoch				
36	Celloflex	gelblich-braun	350 kg/m³	-30°C to +80°C	±0.7 mm					thk 2 3 4 5 6 8	Ø 40 60 60 80 80 100
										thk 10	Ø 120
						mittel	mittel-niedrig				

Nr.	Produkt	Farbe	Härte		Arbeitstemperatur	Toleranz (Zahnriemen + Beschichtung)
			Grad der Griffigkeit	Abriebfestigkeit		
37	Sylodyn grün	grün	600 kg/m ³	-30°C to +70°C	±0.7 mm	
				thk 6 Ø 100		
		mittel-hoch	niedrig			
38	Sylodyn gelb	gelb	450 kg/m ³	-30°C to +70°C	±0.7 mm	
				thk 6 Ø 80		
		mittel-hoch	niedrig			
39	Sylomer gelb (Schaum)	gelb	150 kg/m ³	-30°C to +70°C	±0.7 mm	
				thk 6 12 Ø 80 80		
		mittel-hoch	niedrig			
40	Sylomer blau (Schaumstoff)	blau	220 kg/m ³	-30°C to +70°C	±0.7 mm	
				thk 6 12 Ø 60 80		
		mittel-hoch	niedrig			
41	Sylomer grün (Schaum)	grün	300 kg/m ³	-30°C to +70°C	±0.7 mm	
				thk 6 12 Ø 60 80		
		mittel-hoch	niedrig			
42	Sylomer braun (Schaum)	braun	400 kg/m ³	-30°C to +70°C	±0.7 mm	
				thk 6 12 Ø 60 80		
		mittel-hoch	niedrig			

Nr.	Produkt	Farbe	Härte		Arbeitstemperatur	Toleranz (Zahnriemen + Beschichtung)																							
			Grad der Griffbarkeit	Abriebfestigkeit																									
43	Sylomer rot (Schaum)	rot			-30°C to +70°C	±0.7 mm																							
							<p>mittel-hoch</p> <p>niedrig</p>	<table border="1"> <tr> <td>thk</td> <td>6</td> <td>12</td> </tr> <tr> <td>Ø</td> <td>80</td> <td>100</td> </tr> </table>	thk	6	12	Ø	80	100															
thk	6	12																											
Ø	80	100																											
44	Sylomer grau (Schaumstoff)	grau			-30°C to +70°C	±0.7 mm																							
							<p>mittel hoch</p> <p>niedrig</p>	<table border="1"> <tr> <td>thk</td> <td>6</td> <td>12</td> </tr> <tr> <td>Ø</td> <td>80</td> <td>100</td> </tr> </table>	thk	6	12	Ø	80	100															
thk	6	12																											
Ø	80	100																											
45	APSOcork HWR	braun-schwarz			0°C to +100°C	-																							
							<p>mittel</p> <p>mittel-hoch</p>	<table border="1"> <tr> <td>thk</td> <td>1</td> <td>1.5</td> <td>2</td> <td>3</td> <td>4</td> <td>5</td> </tr> <tr> <td>Ø</td> <td>40</td> <td>40</td> <td>40</td> <td>60</td> <td>60</td> <td>60</td> </tr> <tr> <td>thk</td> <td colspan="2">6</td> <td colspan="4"></td> </tr> <tr> <td>Ø</td> <td colspan="2">80</td> <td colspan="4"></td> </tr> </table>	thk	1	1.5	2	3	4	5	Ø	40	40	40	60	60	60	thk	6					
thk	1	1.5	2	3	4	5																							
Ø	40	40	40	60	60	60																							
thk	6																												
Ø	80																												
46	ECOVB	Schwarz mit bunten Partikeln			-30°C to +100°C	-																							
							<p>mittel</p> <p>mittel-hoch</p>	<table border="1"> <tr> <td>thk</td> <td>3</td> <td>6</td> <td>8</td> <td>10</td> <td>12</td> <td>15</td> </tr> <tr> <td>Ø</td> <td>60</td> <td>80</td> <td>100</td> <td>100</td> <td>120</td> <td>120</td> </tr> </table>	thk	3	6	8	10	12	15	Ø	60	80	100	100	120	120							
thk	3	6	8	10	12	15																							
Ø	60	80	100	100	120	120																							
47	Chromleder	grau			-10°C to +120°C	±0.7 mm																							
							<p>mittel</p> <p>mittel</p>	<table border="1"> <tr> <td>thk</td> <td>2</td> <td>3</td> </tr> <tr> <td>Ø</td> <td>100</td> <td>120</td> </tr> </table>	thk	2	3	Ø	100	120															
thk	2	3																											
Ø	100	120																											
48	Teflon	schwarz			-200°C to +260°C	-																							
							<p>niedrig</p> <p>niedrig</p>	<table border="1"> <tr> <td>thk</td> <td>0,3</td> </tr> <tr> <td>Ø</td> <td>90</td> </tr> </table>	thk	0,3	Ø	90																	
thk	0,3																												
Ø	90																												

Nr.	Produkt	Farbe	Härte		Arbeitstemperatur	Toleranz (Zahnriemen + Beschichtung)						
			Grad der Griffigkeit	Abriebfestigkeit								
49	TT60 / Novoflies	schwarz	–	–	–10°C to +120°C	±0.5 mm						
						<table border="1"> <tr> <td>thk</td> <td>2</td> </tr> <tr> <td>Ø</td> <td>120</td> </tr> </table>	thk	2	Ø	120		
thk	2											
Ø	120											
		mittel-niedrig	mittel									
50	PAZ	grün	–	–	–20°C to +50°C	±0.2 mm						
						<table border="1"> <tr> <td>thk</td> <td>0.5</td> <td>0.8</td> </tr> <tr> <td>Ø</td> <td>15</td> <td>25</td> </tr> </table>	thk	0.5	0.8	Ø	15	25
thk	0.5	0.8										
Ø	15	25										
		sehr-niedrig	mittel-hoch									
51	PAR	grün	–	–	–20°C to +50°C	±0.2 mm						
						<table border="1"> <tr> <td>thk</td> <td>0.5</td> <td>0.8</td> </tr> <tr> <td>Ø</td> <td>15</td> <td>25</td> </tr> </table>	thk	0.5	0.8	Ø	15	25
thk	0.5	0.8										
Ø	15	25										
		sehr-niedrig	mittel-hoch									
52	PAZ-PAR	grün	–	–	–20°C to +50°C	±0.2 mm						
						<table border="1"> <tr> <td>thk</td> <td>0.5</td> <td>0.8</td> </tr> <tr> <td>Ø</td> <td>15</td> <td>25</td> </tr> </table>	thk	0.5	0.8	Ø	15	25
thk	0.5	0.8										
Ø	15	25										
		sehr-niedrig	mittel-hoch									

Reibungskoeffizienten

Nr.	Material	Reibungskoeffizient - Polyethylen - Wert		Reibungskoeffizient - Aluminium - Wert		Reibungskoeffizient - Stahl - Wert		Reibungskoeffizient - Glas - Wert	
		Reibungskoeffizient - Wert	Reibungswinkel - Winkel	Reibungskoeffizient - Wert	Reibungswinkel - Winkel	Reibungskoeffizient - Wert	Reibungswinkel - Winkel	Reibungskoeffizient - Wert	Reibungswinkel - Winkel
1	Linatex HM	1.56 μ	57°	1.41 μ	55°	1.26 μ	52°	1.63 μ	58°
2	Linard 60	1.56 μ	57°	1.41 μ	55°	1.26 μ	52°	1.63 μ	58°
3	Linatril	1.26 μ	52°	1.48 μ	56°	1.19 μ	50°	1.63 μ	58°
4	Linagard OZ	0.96 μ	44°	1.26 μ	52°	1.04 μ	46°	1.48 μ	56°
5	Linaplus FG FDA (Naturkautschuk)	0.96 μ	44°	1.26 μ	52°	1.04 μ	46°	1.48 μ	56°
6	NBR 65/EPDM	1.56 μ	57°	1.41 μ	55°	1.26 μ	52°	1.63 μ	58°
7	NBR 60 weiss FDA	1.56 μ	57°	1.41 μ	55°	1.26 μ	52°	1.63 μ	58°
8	RP400	1.2 μ	50°	1.2 μ	50°	1.2 μ	50°	1.5 μ	57°
9	CM280	1.26 μ	52°	1.63 μ	58°	1.19 μ	50°	1.56 μ	57°
10	RG250	1.63 μ	58°	1.63 μ	58°	1.63 μ	58°	1.63 μ	58°
11	Hamid	0.89 μ	42°	1.04 μ	46°	0.96 μ	44°	1.19 μ	50°
12	Correx	1.63 μ	58°	1.63 μ	58°	1.63 μ	58°	1.63 μ	58°
13	Porol	1.63 μ	58°	1.63 μ	58°	1.63 μ	58°	1.63 μ	58°
14	Viton	0.52 μ	27°	0.74 μ	37°	0.74 μ	37°	0.74 μ	37°
15	Minigrip blau	1.24 μ	51°	1.08 μ	47°	1.05 μ	46°	0.98 μ	44°
16	Minigrip grün	1.24 μ	51°	1.08 μ	47°	1.05 μ	46°	0.98 μ	44°
17	Supergrip grün	1.24 μ	51°	1.15 μ	49°	1.05 μ	46°	1.04 μ	46°
18	Supergrip blau	1.24 μ	51°	1.15 μ	49°	1.05 μ	46°	1.04 μ	46°
19	Supergrip weiss FDA	0.95 μ	43°	0.93 μ	43°	0.81 μ	39°	1.33 μ	53°
20	PVC-Folie blau	1.04 μ	46°	0.89 μ	42°	0.96 μ	44°	0.89 μ	42°
21	PVC-Punkte weiss FDA	0.74 μ	37°	1.19 μ	50°	0.89 μ	42°	1.33 μ	53°
22	PVC-Folie weiss FDA	0.96 μ	44°	0.81 μ	39°	0.89 μ	42°	0.81 μ	39°
23	PVC-Fischgrätenmuster FDA	0.59 μ	31°	0.96 μ	44°	0.96 μ	44°	1.63 μ	58°
24	T-Version (stranggepresst) PU-Dickrücken	1.19 μ	50°	1.19 μ	50°	1.19 μ	50°	1.56 μ	57°
25	VE 385	1.19 μ	50°	1.19 μ	50°	1.19 μ	50°	1.56 μ	57°
26	VE 60	1.19 μ	50°	1.19 μ	50°	1.19 μ	50°	1.56 μ	57°

Nr.	Material	Reibungskoeffizient - Polyethylen - Wert		Reibungskoeffizient - Polyethylen - Winkel		Reibungskoeffizient - Aluminium - Wert		Reibungskoeffizient - Aluminium - Winkel		Reibungskoeffizient - Stahl - Wert		Reibungskoeffizient - Stahl - Winkel		Reibungskoeffizient - Glas - Wert		Reibungskoeffizient - Glas - Winkel	
		μ	°	μ	°	μ	°	μ	°	μ	°	μ	°	μ	°	μ	°
27	HV film	1.63	58°	1.41	55°	1.41	55°	1.41	55°	1.63	58°	1.63	58°	1.63	58°	1.63	58°
28	HV-Folie FDA	1.63	58°	1.41	55°	1.41	55°	1.41	55°	1.63	58°	1.63	58°	1.63	58°	1.63	58°
29	T-Rille TR1 & TR2 - PU mit Längsrillen	1.19	50°	1.19	50°	1.19	50°	1.19	50°	1.19	50°	1.56	57°	1.56	57°	1.56	57°
30	WM 385	0.52	27°	0.67	34°	0.74	37°	0.74	37°	0.74	37°	0.89	42°	0.89	42°	0.89	42°
31	FG 385	1.63	58°	1.41	55°	1.41	55°	1.41	55°	1.41	55°	1.63	58°	1.63	58°	1.63	58°
32	NP 385	1.52	56°	1.39	55°	1.24	52°	1.24	52°	1.24	52°	1.60	58°	1.60	58°	1.60	58°
33	PU Gelb	0.74	37°	0.74	37°	0.96	44°	0.96	44°	0.96	44°	1.11	48°	1.11	48°	1.11	48°
34	PU Grau	0.74	37°	0.74	37°	0.96	44°	0.96	44°	0.96	44°	1.11	48°	1.11	48°	1.11	48°
35	Polyurethan D15	0.89	42°	0.96	44°	0.89	42°	0.89	42°	0.89	42°	1.04	46°	1.04	46°	1.04	46°
36	Celloflex	0.74	37°	0.74	37°	0.89	42°	0.89	42°	0.89	42°	0.96	44°	0.96	44°	0.96	44°
37	Sylodyn grün	1.26	52°	1.63	58°	1.19	50°	1.19	50°	1.19	50°	1.56	57°	1.56	57°	1.56	57°
38	Sylodyn gelb	1.26	52°	1.63	58°	1.19	50°	1.19	50°	1.19	50°	1.56	57°	1.56	57°	1.56	57°
39	Sylomer gelb (Schaumstoff)	1.26	52°	1.63	58°	1.19	50°	1.19	50°	1.19	50°	1.56	57°	1.56	57°	1.56	57°
40	Sylomer blau (Schaumstoff)	1.33	53°	1.63	58°	1.26	52°	1.26	52°	1.26	52°	1.63	58°	1.63	58°	1.63	58°
41	Sylomer grün (Schaumstoff)	1.26	52°	1.48	56°	1.19	50°	1.19	50°	1.19	50°	1.63	58°	1.63	58°	1.63	58°
42	Sylomer braun (Schaumstoff)	1.33	53°	1.63	58°	1.48	56°	1.48	56°	1.48	56°	1.63	58°	1.63	58°	1.63	58°
43	Sylomer rot (Schaumstoff)	1.41	55°	1.63	58°	1.41	55°	1.41	55°	1.41	55°	1.63	58°	1.63	58°	1.63	58°
44	Sylomer grau (Schaumstoff)	1.33	53°	1.63	58°	1.41	55°	1.41	55°	1.41	55°	1.63	58°	1.63	58°	1.63	58°
45	APSOcork HWR	1.56	57°	1.41	55°	1.26	52°	1.26	52°	1.26	52°	1.63	58°	1.63	58°	1.63	58°
46	ECOVB	1.56	57°	1.41	55°	1.26	52°	1.26	52°	1.26	52°	1.63	58°	1.63	58°	1.63	58°
47	Chromleder	0.44	24°	0.89	42°	0.59	31°	0.59	31°	0.59	31°	1.04	46°	1.04	46°	1.04	46°
48	Teflon	0.15	9°	0.30	17°	0.37	20°	0.37	20°	0.37	20°	0.37	20°	0.37	20°	0.37	20°
49	TT60/Novoflies	0.15	9°	0.30	17°	0.37	20°	0.37	20°	0.37	20°	0.37	20°	0.37	20°	0.37	20°
50	PAZ	0.22	12°	0.30	17°	0.30	17°	0.30	17°	0.30	17°	0.30	17°	0.30	17°	0.30	17°
51	PAR	0.22	12°	0.30	17°	0.30	17°	0.30	17°	0.30	17°	0.30	17°	0.30	17°	0.30	17°
52	PAZ-PAR	0.22	12°	0.30	17°	0.30	17°	0.30	17°	0.30	17°	0.30	17°	0.30	17°	0.30	17°

